

Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung
Technische Hochschule Braunschweig
Direktor : o. Prof. Dr.-Ing. habil. Th. Kristen

Untersuchungen des Einflusses von Wärmedämmschichten
auf Flachdächern über bewohnten Räumen auf den Wärme-
schutz und die Längenänderungen.

von Th. Kristen
W. Krämer
J. Gottschalk

April 1957

Der Forschungsauftrag wurde im Auftrage des Herrn
Bundesministers für Wohnungsbau Az.: II/2516 Nr. 5/7/54
durchgeführt.

JK 69.024.3 : 69986.004.5

Inhaltsübersicht

1. Allgemeines	Seite 1
2. Anbringung von Wärmedämmschichten und Durchführung von Messungen zur Fest- stellung des Wärmeschutzes	2
2.1 Wärmedämmschichten	2
2.2 Untersuchungsergebnisse der durchgeführten Messungen	6
2.3 Folgerungen aus den Meßergebnissen	
2.31 Feuchtigkeitsgehalt	7
2.32 Wärmeschutz	11
2.33 Zusammenfassung	14
3. Feststellung der Längenänderungen von Stahlbetonflachdächern vor und nach Aufbringung von Dämmschichten	
3.1 Versuchsdurchführung und Unter- suchungsergebnisse	14
3.2 Besprechung der Meßwerte	16
4. Aufnahme der an den Entwicklungsbauten in Lübeck und Bremen aufgetretenen Schäden	
4.1 ECA-Bauten in Lübeck	22
4.11 Allgemeines	22
4.12 Aufnahme der vorhandenen Risse	23
4.13 Beschreibung und Beurteilung der Schäden	23
4.2 ECA-Bauten in Bremen	
4.21 Allgemeines	36
4.22 Aufnahme der vorhandenen Risse	36
4.23 Beschreibung und Beurteilung der Schäden	36
5. Zusammenfassung	42
6. Schlußfolgerung	43
7. Literaturverzeichnis	44

1. Allgemeines

Die Herstellung von Flachdächern aus Stahlbeton erfordert große Sachkenntnis und eine sorgfältige Bauausführung. Wärmedämmschichten sollen nicht nur die Räume vor Wärmeverlusten schützen, sondern auch die Betonkonstruktion vor Wärmespannungen infolge Temperaturänderung bewahren und die Rissebildung in den Decken sowie in den Außenwänden verhindern. Die untere Anbringung einer Dämmschicht soll die Tauwasserbildung verhüten, die obere die Decke vor zu starker Erwärmung durch die Sonnenbestrahlung bzw. Kälte und die dadurch erzeugte Wärmedehnung schützen.(1) Die Anbringung von Dehnungsfugen, die durch den ganzen Bau gehen, ist unbedingt erforderlich. (s. DIN 1945, § 16, Z. 1)

Grund zu diesem Forschungsauftrag gaben Bauschäden an Stahlbetonflachdächern der in Hannover errichteten ECA-Entwicklungsbauten. Es handelt sich um Staka-Decken (Stahlbetonkassettendecken), die nach Angabe der Gemeinnützigen Baugesellschaft m.b.H., Hannover an der Unterseite eine 2,5 cm dicke Heraklithplatte mit Deckenputz erhalten hatten. " Auf die Betondecke war nur eine zweilagige Dachpappe geklebt (Schreiben v. 22.7.1953, Ze/Wg), so daß die Decken an den Auflagern an den Wänden z.T. abreißen." Bei der Besichtigung der Bauschäden durch Herren des Instituts erklärte Prof. Dr. Kristen, daß die eingetretenen Bauschäden durch Nichtbeachtung der anerkannten Regeln der Baukunst entstanden seien. Eine vollständige Beseitigung der Schäden sei, da die fehlenden Dehnungsfugen nachträglich nicht eingebaut werden könnten, nicht möglich. Es solle versucht werden, durch Anbringung der fehlenden Wärmedämmschichten auf den Decken die Dehnungsspannungen möglichst zu verringern.

Nachdem die Dämmschichten verlegt worden waren, erteilte das Bundesministerium für Wohnungsbau dem Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig den Auftrag, unmittelbar nach dem Aufbringen der

Dämmschichten feuchtigkeitstechnische Messungen an den Gebäuden in Hannover über einen Zeitraum von 3 Jahren durchzuführen und den Einfluß von Wärmedämmschichten auf die Längenänderungen der Flachdächer näherungsweise zu bestimmen.

Da an den in Bremen und Lübeck durchgeführten ECA-Entwicklungsbauten ähnliche Schäden an den Flachdächern aufgetreten waren, sollte möglichst versucht werden, der Ursache dieser Schäden nachzugehen und die Ergebnisse bei der Auswertung des Forschungsauftrages mit zu verwenden.

2. Anbringung von Wärmedämmschichten und Durchführung von Messungen zur Feststellung des Wärmeschutzes.

2.1 Wärmedämmschichten

Die Wärmedämmschichten waren auf die Stahlbetondecken bei 4 zweigeschossigen Einfamilien-Reihenhäusern der ECA-Siedlung in Hannover "am Mittelfelde" nachträglich aufgebracht worden. Die Häuser sind mit A, B, C und D bezeichnet. (s. Abbildung 1) 20 cm dicke Staka-Decken (Stahlbeton-Rippendecken nach DIN 1045) bildeten den Abschluß der oberen Räume und waren an der Unterseite mit 2,5 cm dicken mit Kalkmörtel verputzten Holzwolleleichtbauplatten verkleidet. Folgende Dämmschichten wurden bei den Gebäuden A, B, C und D auf die Stahlbetonrippendecken verlegt.

T a f e l 1

Übersicht der verlegten Dämmschichten

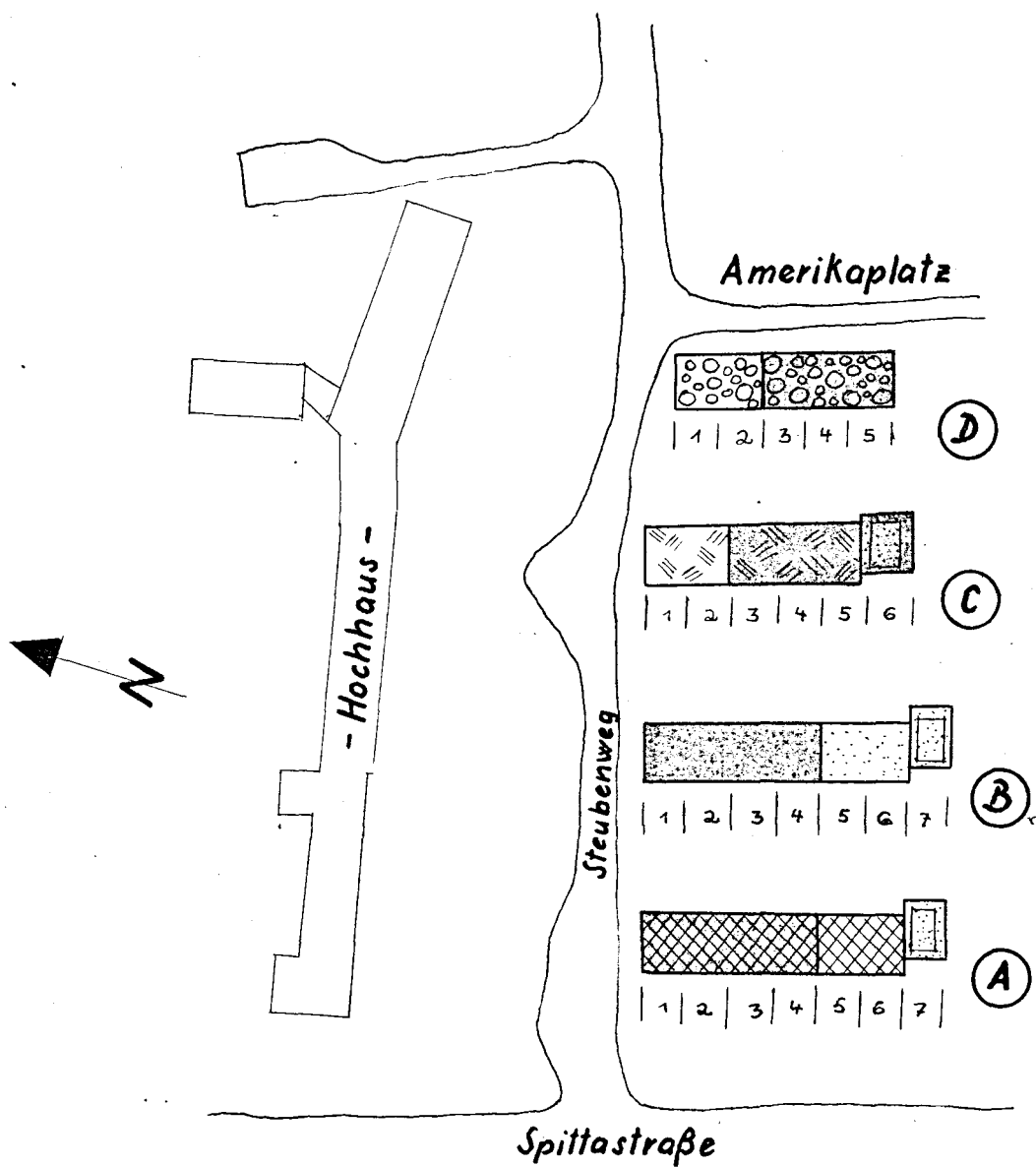
Versuch	Art der Dämmschicht	Dicke cm	Hauszeile u. Haus-Nr. (s.Abb.1)	Bemerkungen
a	Korkplatten	3,0	D 1-5	-
b	Torfplatten	3,0	C 1-5	-
c	Holzwolleleicht- bauplatten	5,0	A 1-6	-
d	Gasbetonplatten	7,5	A7,B7,C6	belüftet
e	Gasbetonplatten	7,5	B 1-6	unbelüftet

Da überall Rohdecken (Staka-Decken) vorhanden waren, konnte die Wirkung der aufgelegten Dämmschichten miteinander verglichen werden. Wie aus Tafel 1 zu ersehen ist, wurden Korkplatten, Torfplatten, Holzwolleleichtbauplatten, belüftete und unbelüftete Gasbetonplatten verwendet. Die belüfteten Gasbetonplatten haben an den Breitseiten Abschrägungen, durch die dreieckförmige Hohlräume entstehen. Diese Ausführung sollte eine beschleunigte Austrocknung der Platten ermöglichen. Alle anderen Platten sind stumpf aneinandergesetzt. (s. Abb. 2) Die vorhandene, doppelte Dachpappenlage auf den "Staka"-Decken wurde teilweise belassen und teilweise entfernt, um auch den Einfluß dieser im folgenden als "Dampfsperre" bezeichneten Schicht auf den Wärmeschutz untersuchen zu können. Aus Abb. 2 ist zu ersehen, an welchen Stellen die Dachpappenlage entfernt wurde. Alle Dämmschichten wurden dann oben mit einer doppelten Papplage versehen, nur bei den Holzwolleleichtbauplatten ist unter diese Lage noch ein 3 cm dicker Zementestrich verlegt. (s. Abb. 2)








Die Wahl der verschiedenen Dicken der Dämmplatten geschah deshalb, um nach DIN 4108 (1) einen gleichen Wärmeschutz bei allen Ausführungen zu gewährleisten. Zahlentafel 2 enthält die Wärmeschutzwerte, die vor Einbau der Platten unter Annahme eines mittleren Raumgewichtes und der Wärmeleitzahl λ nach DIN 1048, Tafel 1 errechnet wurden. Die Wärmeleitzahl der Gasbetonplatten ist vom Lieferwerk mit $0,1 \text{ kcal/m h}^\circ$ angegeben. Wie Zahlentafel 2 zeigt, beträgt der Wärmedurchlaßwiderstand bei allen Ausführungsarten $\sim 0,75 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ / \text{kcal}$.

Zahlentafel 2

(s. Blatt 6)



Erläuterungen:

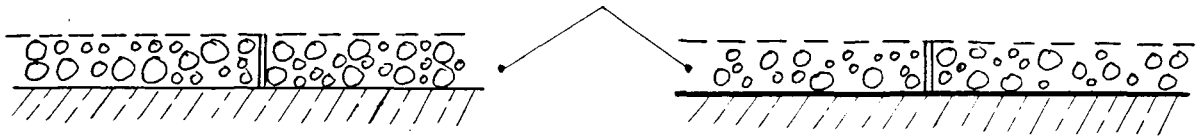
- | | |
|---|-----------------------------|
|  | Dachpappe, oben |
|  | Dachpappe, oben und unten |
|  | Korkplatten |
|  | Torfplatten |
|  | Holzwoleleichtbauplatten |
|  | Gasbetonplatten, belüftet |
|  | Gasbetonplatten, unbelüftet |

M. 1:1000

Aufgelegte Wärmedämmschichten

Abb. 1

a) Korkplatten, 3cm dick



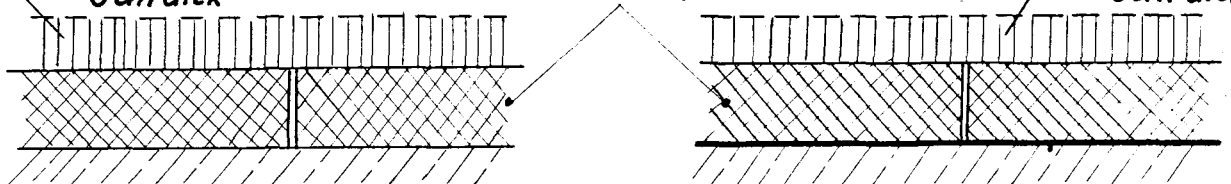
b) Torfplatten, 3cm dick



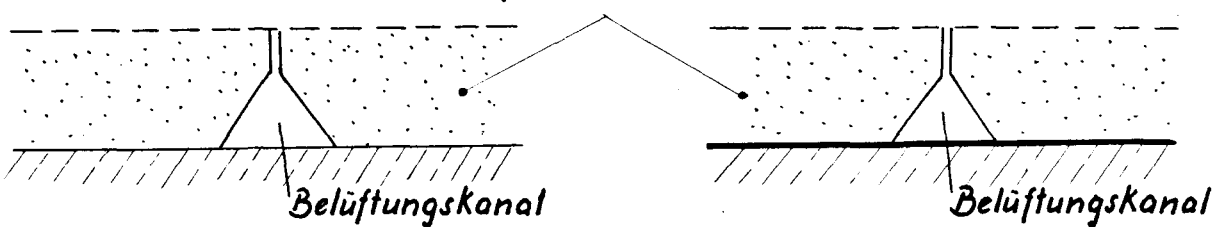
Zementestrich
3cm dick

c) Holzwolleleichtbauplatten, 5cm dick

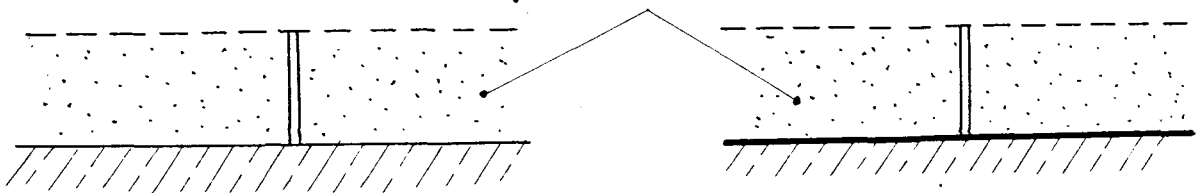
Zementestrich
3cm dick



d) Gasbetonplatten, belüftet, 7,5cm dick



e) Gasbetonplatten, unbelüftet, 7,5cm dick



Erläuterungen:

— — — Doppelte Papplage

———— Sperrschicht (Dampfsperre)

////// Stahlbetonrippendecke

Z a h l e n t a f e l 2

Wärmedurchlaßwiderstände

Wärmedämmschicht	Aufbau nach Abb.2	Mittl. Raumgew. r kg/m ³	Dicke d mm	Wärmeleit- zahl λ (kcal/mh ⁰) nach DIN 4108, Tafel 1	Wärmedurchlaß- widerstand $1/\lambda = \frac{dn}{\lambda n}$ (m ² h ⁰ /kcal)
Korkplatten	a)	180	30	0,04	$\frac{0,03}{0,04} = 0,75$
Torfplatten	b)	200	30	0,04	$\frac{0,03}{0,04} = 0,75$
Holzwolle- leichtbauplatten + Zementestrich	c)	300 -	50 30	0,07 1,2	$\frac{0,05}{0,07} + \frac{0,03}{1,2} = 0,74$
Gasbetonplatten	d) u. e)	500	75	0,10 *)	$\frac{0,075}{0,1} = 0,75$

*) nach Angabe des Lieferwerkes.

2.2 Untersuchungsergebnisse der durchgeführten
Messungen

Die Messungen erstreckten sich auf die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes und des Raumgewichtes (Rohwichte) der auf die Stahlbetonrippendecken gelegten Dämmschichten, da diese beiden Eigenschaften den Wärmeschutz beeinflussen.

Aus den Dämmschichten wurden jeweils 3 Proben von etwa 5 x 5 cm entnommen. Die Entnahme fand gleich nach dem Einbau der Dämmschichten (Oktober 1953), dann nach 6 Monaten (April 1954), nach 12 Monaten (Oktober 1954), nach 18 Monaten (April 1955), nach 30 Monaten (April 1956) und nach 36 Monaten (Oktober 1956) statt.

Die entnommenen Proben wurden an der Entnahmestelle sofort mit einer Tafelwaage (1/10 g Genauigkeit) gewogen, zur Ermittlung des Feuchtigkeitsgehaltes im Institut in einen

Trockenschrank gebracht und hier bis zum Eintritt der Gewichtskonstanz gelagert. Die Trockentemperatur betrug bei allen Gasbetonplatten gemäß DIN 4164 (2) ca. 105° , bei allen anderen Proben ca. 40° . Nach der Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes der Platten in Gew.-% (bezogen auf das Trockengewicht) wurde die Rohwichte r (in kg/m^3), bezogen auf das Trockengewicht, festgestellt. Mit Hilfe der mittleren Rohwichten wurde später der Feuchtigkeitsgehalt in Gew.-% auf Vol.-% umgerechnet. In Zahlentafel 3 sind die Untersuchungsergebnisse eingetragen und in Abb. 3 eingezeichnet. Bei den einzelnen Dämmschichten wurden die Feuchtigkeitsgehalte durch unterschiedliche Schraffur kenntlich gemacht, die sich beim Vorhandensein oder Fehlen einer "Dampfsperre" ergaben.

2.3 Folgerungen aus den Meßergebnissen

2.31 Feuchtigkeitsgehalt

Aus Abb. 3 und Zahlentafel 3 geht hervor, daß die untersuchten Dämmmaterialien schon unmittelbar nach ihrem Einbau unterschiedliche Feuchtigkeitsgehalte aufwiesen. Während die Korkplatten völlig trocken waren, zeigten die bituminierten Torfplatten eine, wenn auch geringe, Eigenfeuchtigkeit. Die Holzwolleleichtbauplatten sowie die belüfteten und unbelüfteten Gasbetonplatten wiesen dagegen nach der Verlegung Wassergehalte zwischen 9 und 14 Vol.-% auf.

Die zweite Messung, die nach einem verhältnismäßig strengen Winter 6 Monate nach Einbau der Dämmschichten durchgeführt wurde, ergab bei allen Materialarten, verglichen mit der ersten Messung, höhere Feuchtigkeitswerte. Während die Kork-, Torf- und Holzwolleleichtbauplatten nur verhältnismäßig geringe Wassermengen aufgenommen hatten, war der Feuchtigkeitsgehalt bei den belüfteten, besonders aber bei den unbelüfteten Gasbetonplatten beachtlich angestiegen.

Z a h l e n t a f e l 2

Feuchtigkeitsgehalt (fg)

verschiedener Wärmedämmschichten zu verschiedenen Zeiten festgestellt.

Dämmschicht	Vers. Nr.	Lage der Dachpappenschichten	r *) kg/m ³	Zeit der Feststellung von fg in Monaten nach Dämmschichteinbau																	
				0			6			12			18			30			36		
				Gew. %	Vol. %	Mittelw. Gew. % (Vol. %)	Gew. %	Vol. %	Mittelw. Gew. % (Vol. %)	Gew. %	Vol. %	Mittelw. Gew. % (Vol. %)	Gew. %	Vol. %	Mittelw. Gew. % (Vol. %)	Gew. %	Vol. %	Mittelw. Gew. % (Vol. %)	Gew. %	Vol. %	Mittelw. Gew. % (Vol. %)
Korkplatten 30 cm dick	1	oben	175	0,0	0,0	0,0	2,9	0,5	2,9	0,0	0,0	0,1	0,5	0,1	1,7	0,7	0,1	2,1	0,0	0,0	0,8
	2			0,0	0,0	(0,0)	3,0	0,5	(0,5)	0,0	0,0	(0,0)	2,9	0,5	(0,3)	4,9	0,9	(0,4)	1,1	0,2	(0,1)
	3			0,1	0,0	(0,0)	2,7	0,5	(0,5)	0,3	0,1	(0,0)	1,6	0,3	(0,3)	0,7	0,1	(0,4)	0,6	0,1	(0,1)
	4	oben u. unten		0,0	0,0	0,0	4,6	0,8	4,3	16,2	2,8	12,4	12,4	2,2	11,7	9,1	1,6	6,8	6,0	1,0	4,5
	5			0,0	0,0	(0,0)	4,1	0,7	(0,8)	12,0	2,1	(2,2)	9,2	1,6	(2,1)	5,0	0,9	(1,2)	2,9	0,5	(0,8)
	6			0,0	0,0	(0,0)	4,3	0,8	(0,8)	9,1	1,6	(2,2)	13,6	2,4	(2,1)	6,4	1,1	(1,2)	4,5	0,8	(0,8)
Torfplatten 30 cm dick	1	oben	180	7,8	1,4	8,0	13,3	2,4	11,2	25,0	4,5	25,8	14,5	2,6	15,4	8,4	1,5	11,9	8,9	1,6	10,4
	2			7,9	1,4	(1,4)	9,3	1,7	(2,0)	27,5	4,9	(4,6)	20,7	3,7	(2,8)	11,4	2,0	(2,1)	12,2	2,2	(1,9)
	3			8,2	1,5	(1,4)	11,1	2,0	(2,0)	24,8	4,5	(4,6)	11,1	2,0	(2,8)	15,9	2,9	(2,1)	10,0	1,8	(1,9)
	4	oben u. unten		7,5	1,3	7,4	18,0	3,2	17,5	20,0	3,6	23,0	19,7	3,5	22,6	23,9	4,3	18,1	21,7	3,9	19,7
	5			7,2	1,3	(1,3)	15,4	2,8	(3,1)	20,6	3,7	(4,1)	22,0	4,0	(4,1)	17,6	3,2	(3,3)	17,8	3,2	(3,5)
	6			7,6	1,4	(1,3)	19,1	3,4	(3,1)	28,5	5,1	(4,1)	26,0	4,7	(4,1)	12,7	2,3	(3,3)	19,5	3,5	(3,5)
Holzwolle- leichtbau- platten 50 cm dick	1	oben	290	36,5	10,6	32,3	29,0	8,4	31,5	16,6	4,8	19,3	10,3	3,0	14,1	14,0	4,1	13,1	13,8	3,8	13,6
	2			34,7	10,0	(9,3)	31,5	9,1	(9,1)	17,9	5,2	(5,6)	11,3	3,2	(4,1)	11,4	3,3	(3,8)	14,8	4,3	(3,9)
	3			25,8	7,5	(9,3)	34,1	9,9	(9,1)	23,4	6,8	(5,6)	20,6	6,0	(4,1)	13,8	4,0	(3,8)	12,1	3,5	(3,9)
	4	oben u. unten		32,1	9,3	30,6	36,0	10,4	39,7	18,4	5,3	15,9	18,1	5,2	17,7	17,6	5,1	17,7	17,9	5,2	17,6
	5			31,3	9,1	(8,9)	40,0	11,6	(11,5)	16,3	4,7	(4,6)	15,0	4,3	(5,1)	23,2	6,7	(5,1)	16,5	4,8	(5,1)
	6			28,5	8,3	(8,9)	43,0	12,5	(11,5)	13,1	3,8	(4,6)	20,0	5,8	(5,1)	12,3	3,6	(5,1)	18,3	5,5	(5,1)
Gasbeton- platten belüftet 75 cm dick	1	oben	500	26,6	13,3	27,9	60,0	30,0	53,7	26,4	13,2	24,0	14,0	7,0	14,3	21,7	10,8	18,3	13,6	6,8	13,7
	2			29,3	14,6	(13,9)	53,0	26,5	(26,9)	19,4	9,7	(12,0)	18,7	9,4	(7,1)	12,9	6,4	(9,1)	15,4	7,7	(6,8)
	3			27,8	13,9	(13,9)	48,2	24,1	(26,9)	26,2	13,1	(12,0)	10,1	5,0	(7,1)	20,4	10,2	(9,1)	12,0	6,0	(6,8)
	4	oben u. unten		23,2	11,6	23,4	48,5	24,2	53,0	18,5	9,2	16,0	30,0	15,0	19,6	22,6	11,3	20,2	19,6	9,8	19,5
	5			24,1	12,0	(11,7)	54,9	27,4	(26,5)	15,3	7,6	(8,0)	16,2	8,1	(9,8)	21,5	10,8	(10,1)	21,0	10,5	(9,7)
	6			23,0	11,5	(11,7)	55,5	27,8	(26,5)	14,3	7,2	(8,0)	12,5	6,2	(9,8)	16,5	8,2	(10,1)	17,8	8,9	(9,7)
Gasbeton- platten unbelüftet 75 cm dick	1	oben	500	21,6	10,8	20,0	59,5	29,8	58,3	69,5	34,8	67,4	44,8	22,4	46,1	54,5	27,2	56,8	51,0	25,5	51,5
	2			16,9	8,4	(10,0)	58,0	29,0	(29,2)	66,5	33,2	(33,9)	34,6	17,6	(23,2)	52,3	26,2	(28,0)	53,6	26,8	(25,7)
	3			21,5	10,8	(10,0)	57,5	28,8	(29,2)	66,2	33,7	(33,9)	59,0	29,5	(23,2)	61,3	30,6	(28,0)	49,8	24,9	(25,7)
	4	oben u. unten		19,4	9,7	19,7	66,5	33,2	65,0	64,1	32,0	66,1	58,1	29,0	63,2	62,8	31,4	59,4	62,4	31,2	60,7
	5			21,5	10,8	(9,8)	65,5	32,8	(32,5)	65,0	32,5	(33,0)	63,5	31,8	(31,6)	59,0	29,5	(29,7)	61,0	30,5	(30,3)
	6			18,1	9,0	(9,8)	63,0	31,5	(32,5)	69,3	34,6	(33,0)	68,0	34,0	(31,6)	56,3	28,2	(29,7)	58,6	29,3	(30,3)

*) Rohwichte, bei den Gasbetonplatten getrocknet bei 105°C
bei Kork-, Torf- und Holzwolleleichtbauplatten getrocknet bei 40°C

**) Werte in Gew.-%, bezogen auf die angegebenen Trockengewichte.

Feuchtigkeitsgehalt von Wärmedämmschichten auf Flachdächern in Abhängigkeit von der Materialart und der Entnahmezeit

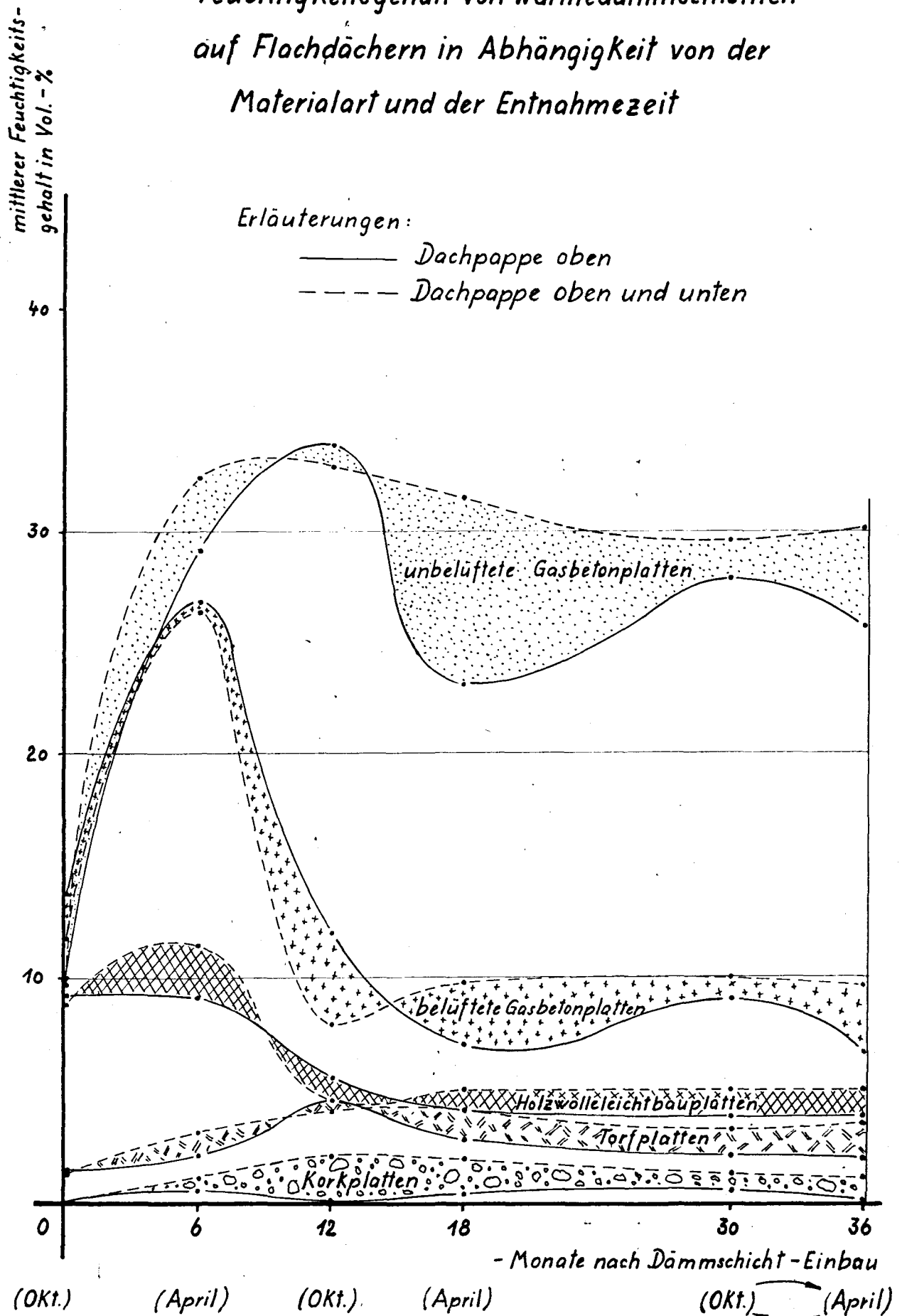


Abb. 3

Die nach einem Jahr am Herbstanfang erfolgte Messung brachte folgendes Ergebnis:

Die Kork- und Torfplatten wiesen nur geringe Änderungen der Feuchtigkeit auf. Der Wassergehalt der Holzwolle-leichtbauplatten sank unter den bei der ersten Messung ermittelten Wert. Die Feuchtigkeit der belüfteten Gasbetonplatten war erheblich zurückgegangen, während bei den unbelüfteten Platten eine Austrocknung nicht festgestellt werden konnte. Die Vorzüge der Plattenbelüftung traten hierbei deutlich in Erscheinung.

Bei der Messung 18 Monate nach Dämmschichteinbau blieben die Feuchtigkeitsgehalte der Kork-, Torf-, Holzwolle-leichtbauplatten und belüfteten Gasbetonplatten, verglichen mit der Messung nach einem Jahr, annähernd gleich. Bei den unbelüfteten Gasbetonplatten zeigte sich ein Abfallen des Feuchtigkeitsgehaltes bei den mit keiner "Dampfsperre" versehenen Dächern.

Die 30 und 36 Monate nach Einbau der Dämmschichten vorgenommenen Messungen zeigten, daß bei den verschiedenen Dämmmaterialien ein Gleichgewichtszustand eingetreten war.

Beim Vergleich der ermittelten Feuchtigkeitsgehalte kann zunächst festgestellt werden, daß bei allen Dämmschichten - insbesondere aber bei den unbelüfteten Gasbetonplatten - die "Dampfsperre" keine Verminderung des Feuchtigkeitsgehaltes gebracht hat. Die "Dampfsperre", die im vorliegenden Falle aus der belassenen alten Dach-eindeckung besteht, sollte bewirken, daß der Feuchtigkeitsgehalt innerhalb der Dämmschichten sich nicht erhöhte. Wie die Messungen ergaben, hat die "Dampfsperre" diese Aufgabe nicht erfüllt. Die Messergebnisse zeigen vielmehr, daß die Austrocknung der Dämmschichten, die besonders bei Vorliegen eines Temperaturgefälles von außen nach innen (also im Sommer) stattfindet, durch die "Dampfsperre" behindert wurde.

Feuchtigkeitsgehalt von Wärmedämmschichten auf Flachdächern in Abhängigkeit von der Materialart und der Entnahmezeit

mittlerer Feuchtigkeits-
gehalt in Vol.-%

Erläuterungen:

— Dachpappe oben

- - - Dachpappe oben und unten

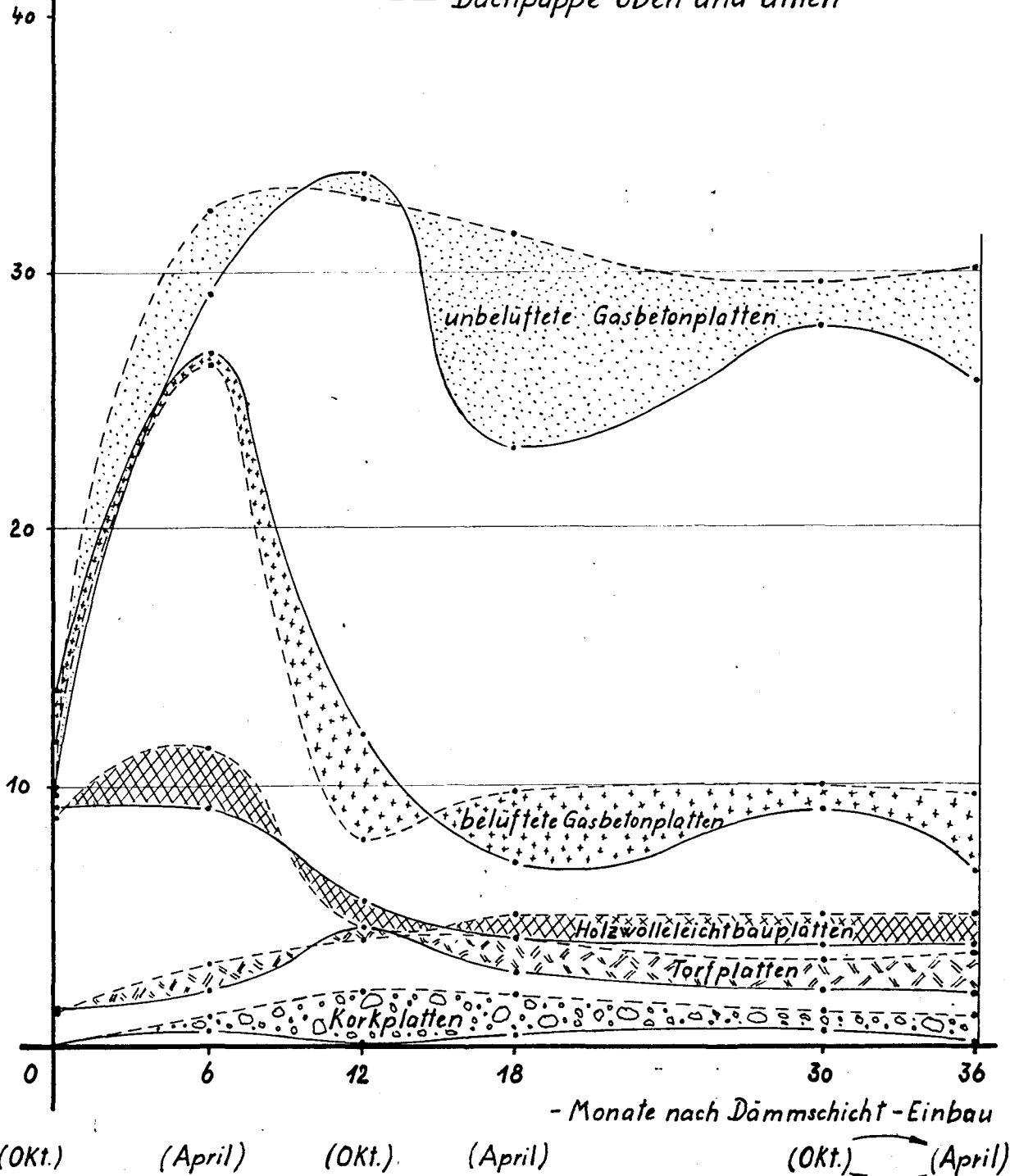


Abb. 3

Die nach einem Jahr am Herbstanfang erfolgte Messung brachte folgendes Ergebnis:

Die Kork- und Torfplatten wiesen nur geringe Änderungen der Feuchtigkeit auf. Der Wassergehalt der Holzwolle-leichtbauplatten sank unter den bei der ersten Messung ermittelten Wert. Die Feuchtigkeit der belüfteten Gasbetonplatten war erheblich zurückgegangen, während bei den unbelüfteten Platten eine Austrocknung nicht festgestellt werden konnte. Die Vorzüge der Plattenbelüftung traten hierbei deutlich in Erscheinung.

Bei der Messung 18 Monate nach Dämmschichteinbau blieben die Feuchtigkeitsgehalte der Kork-, Torf-, Holzwolle-leichtbauplatten und belüfteten Gasbetonplatten, verglichen mit der Messung nach einem Jahr, annähernd gleich. Bei den unbelüfteten Gasbetonplatten zeigte sich ein Abfallen des Feuchtigkeitsgehaltes bei den mit keiner "Dampfsperre" versehenen Dächern.

Die 30 und 36 Monate nach Einbau der Dämmschichten vorgenommenen Messungen zeigten, daß bei den verschiedenen Dämmmaterialien ein Gleichgewichtszustand eingetreten war.

Beim Vergleich der ermittelten Feuchtigkeitsgehalte kann zunächst festgestellt werden, daß bei allen Dämmschichten - insbesondere aber bei den unbelüfteten Gasbetonplatten - die "Dampfsperre" keine Verminderung des Feuchtigkeitsgehaltes gebracht hat. Die "Dampfsperre", die im vorliegenden Falle aus der belassenen alten Dach-eindeckung besteht, sollte bewirken, daß der Feuchtigkeitsgehalt innerhalb der Dämmschichten sich nicht erhöhte. Wie die Messungen ergaben, hat die "Dampfsperre" diese Aufgabe nicht erfüllt. Die Messergebnisse zeigen vielmehr, daß die Austrocknung der Dämmschichten, die besonders bei Vorliegen eines Temperaturgefälles von außen nach innen (also im Sommer) stattfindet, durch die "Dampfsperre" behindert wurde.

Weiterhin ergaben die Meßergebnisse, daß sich die Korkplatten (rd. 1 Vol.-% Feuchtigkeit) am besten verhalten haben. Den Korkplatten folgen die Torfplatten (rd. 3 Vol.-% Feuchtigkeit), dann die Holzwolleleichtbauplatten (rd. 5 Vol.-% Feuchtigkeit) und zuletzt die belüfteten Gasbetonplatten (mit rd. 10 Vol.-% Feuchtigkeit). Die unbelüfteten Gasbetonplatten fallen mit einem mittleren Feuchtigkeitsgehalt von ca. 30 Vol.-% sehr ab.

2.32 Wärmeschutz

Um den tatsächlich vorhandenen Wärmeschutz der eingebauten Dämmschichten zu erfassen, wurden im folgenden die Wärmedurchlaßwiderstände errechnet, die bei der Messung nach 36 Monaten für die Dämmschichten vorlagen. Als Rechengrößen sind verwendet:

- a) Die bei den Untersuchungen festgestellten mittleren Raumgewichte
- b) die Wärmeleitzahlen im trockenen Zustand nach Cammerer(3)
- c) die von Cammerer (3) angegebenen Erhöhungen der Wärmeleitzahl im trockenen Zustand bei verschiedener Feuchtigkeit.

Die Wärmeleitzahlen im trockenen Zustand für die organischen Wärmedämmschichten sind der Zahlentafel 3 des Berichtes von Cammerer (3) entnommen. Da die dort angegebenen Raumgewichte nicht mit den bei den Messungen gefundenen übereinstimmen, wurden die Wärmeleitzahlen für die vorliegenden Raumgewichte bei den Kork-, Torf- und Holzwolleleichtbauplatten interpoliert. Für die Wärmeleitzahl λ der Gasbetonplatten in trockenem Zustande wurde die Angabe des Lieferwerkes mit $0,1 \text{ kcal/m h}^\circ$ zugrunde gelegt.

Für die bei Dämmschichten mit einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt zu erhöhende Wärmeleitzahl des trockenen Zustandes um ein gewisses Maß, wurde die Zahlentafel 7 der Arbeit von Cammerer (3) benutzt. Hierbei wurden wiederum für die verschiedenen Raumgewichte die dort angegebenen Zuschläge auf die Wärmeleitzahl interpoliert und mit Hilfe dieser Werte die in Zahlentafel 4 und Abb. 4 eingetragenen Wärmedurchlaßwiderstände errechnet.

Z a h l e n t a f e l 4

Wärmedurchlaßwiderstände
nach 36 Monaten, bei den festgestellten Feuchtigkeitsge-
halten und Raumgewichten

Wärmedämm- schicht	Dachpappe	Raumgew. kg/m ³	Mittl. Feuchtig- keitsgehalt Vol.-%	Wärmeleitzahl λ *)	Wärme- durchlaß- widerst. 1/ λ	
				trocken	naß	
Korkplatten	oben	175	0,1	0,037	0,037	0,81
	oben+unten		0,8		0,039	0,77
Torfplatten	oben	180	1,9	0,032	0,036	0,83
	oben+unten		3,5		0,040	0,75
Holzwohle- leichtbau- platten	oben	290	3,9	0,048	0,056	0,92
Estrich	oben+unten		5,1		0,059	0,89
Gasbeton belüftet	oben	500	6,8	0,1**)	0,19	0,40
	oben+unten		9,7		0,21	0,36
Gasbeton unbelüftet	oben	500	25,7	0,1**)	0,26	0,29
	oben+unten		30,3		0,27	0,28

*) nach Cammerer (3)

**) Angabe des Lieferwerkes

Wie aus Abb. 4 und Tafel 4 hervorgeht, haben die Kork-, Torf- und Holzvolleleichtbauplatten den für die Bemessung angenommenen Wärmedurchlaßwiderstand $1/\lambda$ von $0,75 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ / \text{kcal}$ durchweg erreicht. Die Torf- und Korkplatten weisen etwa den gleichen Wärmedurchlaßwiderstand auf, während die Holzvolleleichtbauplatten einen größeren Wärmeschutz bieten. Sowohl die unbelüfteten als auch die belüfteten Gasbetonplatten liegen aber weit unterhalb dieser Werte. Bei den Wärmedurchlaßwiderständen aller Dämmschichten ist festzustellen, daß die Dächer mit einer "Dampfsperre" einen

Z a h l e n t a f e l 4

Wärmedurchlaßwiderstände
nach 36 Monaten, bei den festgestellten Feuchtigkeitsge-
halten und Raumgewichten

Wärmedämm- schicht	Dachpappe	Raumgew. kg/m ³	Mittl. Feuchtig- keitsgehalt Vol.-%	Wärmeleitzahl λ *)		Wärme- durchlaß- widerst. $1/\lambda$
				trocken	naß	
Korkplatten	oben	175	0,1	0,037	0,037	0,81
	oben+unten		0,8		0,039	0,77
Torfplatten	oben	180	1,9	0,032	0,036	0,83
	oben+unten		3,5		0,040	0,75
Holzwolle- leichtbau- platten	oben	290	3,9	0,048	0,056	0,92
	oben+unten		5,1		0,059	0,89
Estrich	oben	500	6,8	0,1**)	0,19	0,40
	oben+unten		9,7		0,21	0,36
Gasbeton belüftet	oben	500	25,7	0,1**)	0,26	0,29
	oben+unten		30,3		0,27	0,28

*) nach Cammerer (3)

**) Angabe des Lieferwerkes

Wie aus Abb. 4 und Tafel 4 hervorgeht, haben die Kork-, Torf- und Holzwolleleichtbauplatten den für die Bemessung angenommenen Wärmedurchlaßwiderstand $1/\lambda$ von $0,75 \text{ m}^2 \text{h}^\circ/\text{kcal}$ durchweg erreicht. Die Torf- und Korkplatten weisen etwa den gleichen Wärmedurchlaßwiderstand auf, während die Holzwolleleichtbauplatten einen größeren Wärmeschutz bieten. Sowohl die unbelüfteten als auch die belüfteten Gasbetonplatten liegen aber weit unterhalb dieser Werte. Bei den Wärmedurchlaßwiderständen aller Dämmschichten ist festzustellen, daß die Dächer mit einer "Dampfsperre" einen

Weiterhin ergaben die Meßergebnisse, daß sich die Korkplatten (rd. 1 Vol.-% Feuchtigkeit) am besten verhalten haben. Den Korkplatten folgen die Torfplatten (rd. 3 Vol.-% Feuchtigkeit), dann die Holzwolleleichtbauplatten (rd. 5 Vol.-% Feuchtigkeit) und zuletzt die belüfteten Gasbetonplatten (mit rd. 10 Vol.-% Feuchtigkeit). Die unbelüfteten Gasbetonplatten fallen mit einem mittleren Feuchtigkeitsgehalt von ca. 30 Vol.-% sehr ab.

2.32 Wärmeschutz

Um den tatsächlich vorhandenen Wärmeschutz der eingebauten Dämmschichten zu erfassen, wurden im folgenden die Wärmedurchlaßwiderstände errechnet, die bei der Messung nach 36 Monaten für die Dämmschichten vorlagen. Als Rechengrößen sind verwendet:

- a) Die bei den Untersuchungen festgestellten mittleren Raumgewichte
- b) die Wärmeleitzahlen im trockenen Zustand nach Cammerer (3)
- c) die von Cammerer (3) angegebenen Erhöhungen der Wärmeleitzahl im trockenen Zustand bei verschiedener Feuchtigkeit.

Die Wärmeleitzahlen im trockenen Zustand für die organischen Wärmedämmschichten sind der Zahlentafel 3 des Berichtes von Cammerer (3) entnommen. Da die dort angegebenen Raumgewichte nicht mit den bei den Messungen gefundenen übereinstimmen, wurden die Wärmeleitzahlen für die vorliegenden Raumgewichte bei den Kork-, Torf- und Holzwolleleichtbauplatten interpoliert. Für die Wärmeleitzahl λ der Gasbetonplatten in trockenem Zustande wurde die Angabe des Lieferwerkes mit $0,1 \text{ kcal/m h}^\circ$ zugrunde gelegt.

Für die bei Dämmschichten mit einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt zu erhöhende Wärmeleitzahl des trockenen Zustandes um ein gewisses Maß, wurde die Zahlentafel 7 der Arbeit von Cammerer (3) benutzt. Hierbei wurden wiederum für die verschiedenen Raumgewichte die dort angegebenen Zuschläge auf die Wärmeleitzahl interpoliert und mit Hilfe dieser Werte die in Zahlentafel 4 und Abb. 4 eingetragenen Wärmedurchlaßwiderstände errechnet.

Z a h l e n t a f e l 4

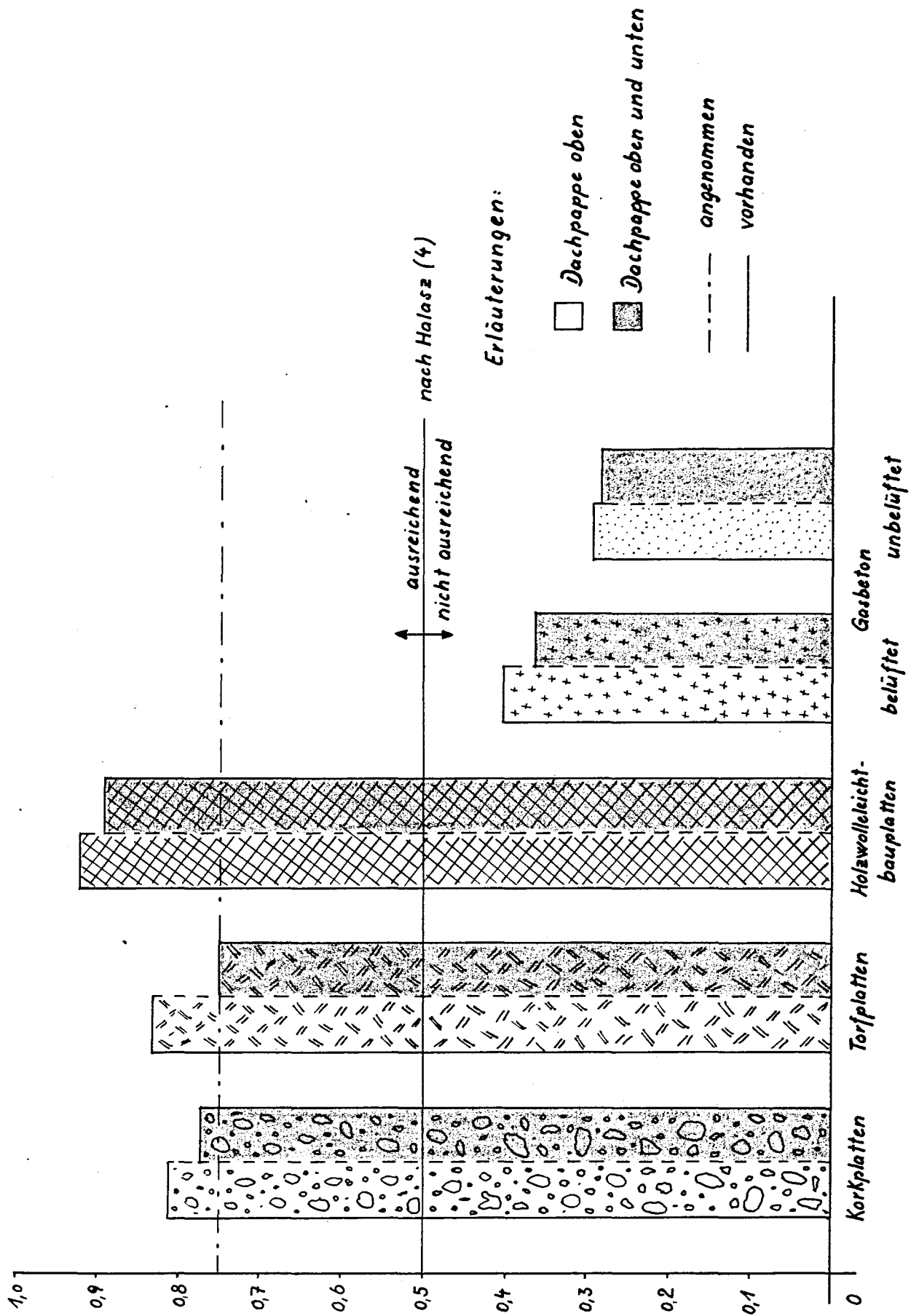
Wärmedurchlaßwiderstände
nach 36 Monaten, bei den festgestellten Feuchtigkeitsge-
halten und Raumgewichten

Wärmedämm- schicht	Dachpappe	Raumgew kg/m ³	Mittl. Feuchtig- keitsgehalt Vol.-%	Wärmeleitzahl λ *)		Wärme- durchlaß- widerst. $1/\Lambda$
				trocken	naß	
Korkplatten	oben	175	0,1	0,037	0,037	0,81
	oben+unten		0,8		0,039	0,77
Torfplatten	oben	180	1,9	0,032	0,036	0,83
	oben+unten		3,5		0,040	0,75
Holzwolle- leichtbau- platten	oben	290	3,9	0,048	0,056	0,92
	oben+unten		5,1		0,059	0,89
Estrich	oben	500	6,8	0,1**)	0,19	0,40
	oben+unten		9,7		0,21	0,36
Gasbeton belüftet	oben	500	25,7	0,1**)	0,26	0,29
	oben+unten		30,3		0,27	0,28

*) nach Cammerer (3)

**) Angabe des Lieferwerkes

Wie aus Abb. 4 und Tafel 4 hervorgeht, haben die Kork-, Torf- und Holzwolleleichtbauplatten den für die Bemessung angenommenen Wärmedurchlaßwiderstand $1/\Lambda$ von $0,75 \text{ m}^2 \text{ h}^0 / \text{kcal}$ durchweg erreicht. Die Torf- und Korkplatten weisen etwa den gleichen Wärmedurchlaßwiderstand auf, während die Holzwolleleichtbauplatten einen größeren Wärmeschutz bieten. Sowohl die unbelüfteten als auch die belüfteten Gasbetonplatten liegen aber weit unterhalb dieser Werte. Bei den Wärmedurchlaßwiderständen aller Dämmschichten ist festzustellen, daß die Dächer mit einer "Dampfsperre" einen



Wärmedurchlaßwiderstände

Abb. 4

geringeren Wärmeschutz (von 0,8 bis 0,1 $\text{m}^2\text{h}^\circ/\text{kcal}$) ergeben.

Die Dämmschichten aus Gasbetonplatten weisen einen sehr kleinen Wärmedurchlaßwiderstand auf und sind nach Halasz (4) für Flachdächer nicht geeignet.

2.33 Zusammenfassung

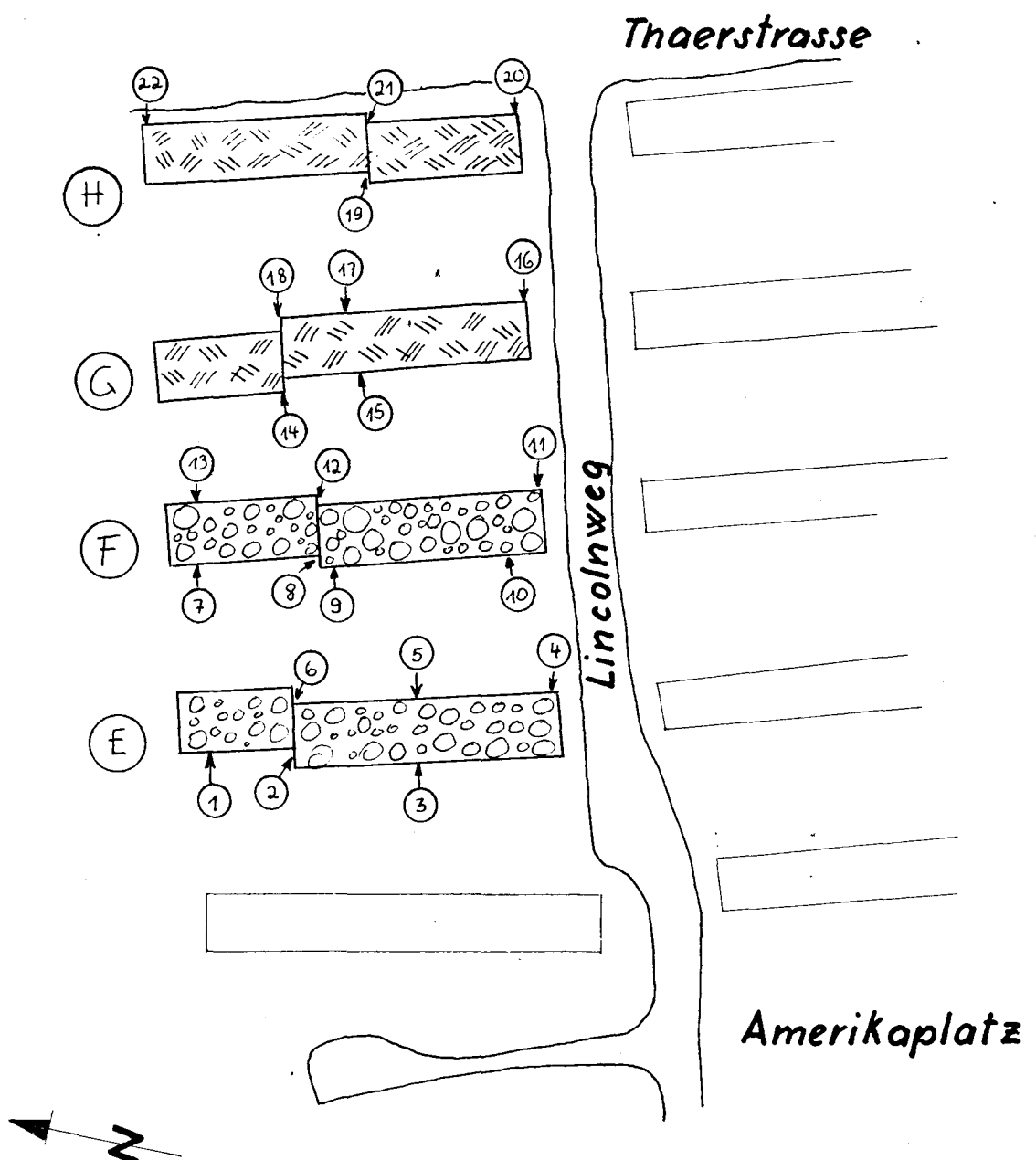
Auf Grund der Meßergebnisse erfüllen die Korkplatten, die Torfplatten und die Holzwolleleichtbauplatten die Anforderungen, die an Dämmschichten auf Flachdächern aus Stahlbeton gestellt werden. Der Wärmeschutz der Gasbetonplatten ist nach Halasz (4) ungenügend, da der Wärmedurchlaßwiderstand $< 0,50 \text{ m}^2\text{h}^\circ/\text{kcal}$ ist. Die belüfteten Gasbetonplatten sind allerdings den unbelüfteten überlegen.

Ferner ergibt die "Dampfsperre" keine Verbesserung des Wärmeschutzes, sie ist daher unzweckmäßig. Eine "Dampfsperre" ist nur erforderlich, wenn unter der Dachdecke Räume mit hoher Luftfeuchtigkeit liegen. (s. DIN 4108 § 7.33)

3. Feststellung der Längenänderungen von Stahlbetonflachdächern vor und nach Aufbringen der Dämmschichten.

3.1 Versuchsdurchführung und Untersuchungsergebnisse

Für die Messungen der Längenänderungen der Dachdecken wurden 4 zweigeschossige Einfamilienreihenhäuser der ECA-Siedlung, Hannover, am Mittelfelde ausgesucht, die in der Abbildung 5 mit E, F, G und H bezeichnet sind. Bei diesen Dächern handelt es sich ebenfalls wie bei den Gebäuden A, B, C und D (s. Abb. 1) um 20 cm dicke Stahlbetonrippendecken ("Staka") an deren Unterseite 2,5 cm dicke mit 1,5 cm dickem Kalkmörtel verputzte Holzwolleleichtbauplatten angebracht waren. Die Länge dieser Gebäude beträgt gegenüber den Längenabmessungen der Gebäude A - D mit 29 und 40 m etwa 58 m. Bei den Gebäuden waren keine durchgehenden Dehnungsfugen vorhanden, lediglich die Gebäude E und G wiesen eine Dehnungsfuge in der Dachdecke auf. Da außer den Dehnungsfugen auch Wärmedämmschichten oberhalb der Flachdächer fehlten,



Erläuterungen:

-  Korkplatten
-  Torfplatten

Maßstab ~1: 1000

<p>Meßstellen zur Bestimmung der Längenänderungen der Flachdächer</p>	<p>Abb. 5</p>
---	---------------

waren erhebliche Dehnungen der Dachdecken aufgetreten und hatten zu erheblichen Rißbildungen an den Außenwänden geführt.

An diesen Gebäuden wurden die Risse aufgenommen, die Veränderungen innerhalb der 3 Jahre beobachtet und gemessen und die Längenänderungen der Flachdächer soweit wie möglich ermittelt.

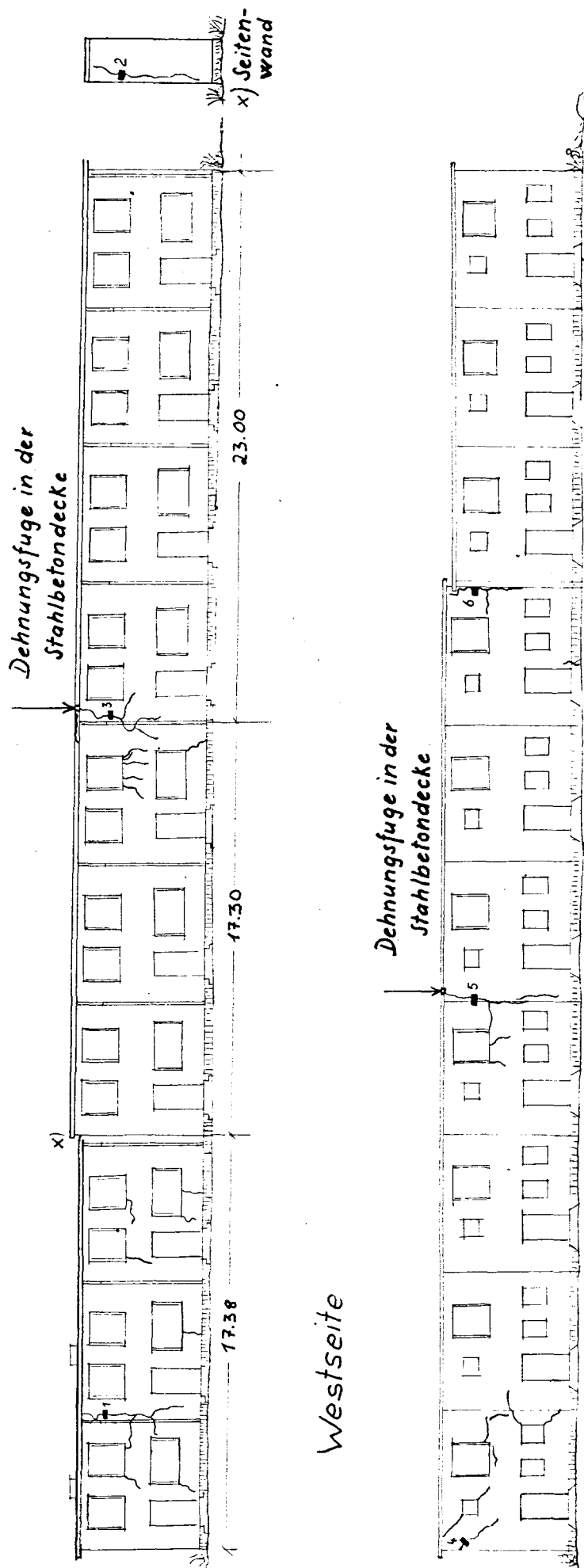
Die Rißbilder sind in den Abbildungen 6 - 9 aufgezeichnet.

Wie die Abbildungen zeigen, haben sich neben den senkrecht verlaufenden Rissen stellenweise auch einige unter 45° verlaufende und vielfach stark klaffende Risse gebildet. Bei den Messungen wurden die zahlreichen feinen Haarrisse nicht berücksichtigt. Zur Beobachtung der Risse an den Ost- und Westwänden wurden Gipsbänder aufgebracht und die Rißbreiten nach 6, 12, 18, 30 und 36 Monaten gemessen. Nach der ersten Messung (Null-Messung) wurden auf die Flachdächer E und F Korkplatten und auf die Gebäude G und H Torfplatten als Wärmedämmschichten aufgebracht. (Art und Dicke der Schichten s. Zahlentafel 1) Während der Versuchsdauer wurden soweit wie möglich die Längenänderungen gemessen. Die Meßergebnisse sind in Zahlentafel 3 eingetragen.

3.2 Besprechung der Meßwerte

Aus den Abbildungen 6 bis 9 ist zu erkennen, daß im wesentlichen Rißbildungen an den Gebäudeecken, an den vorspringenden Seitenwänden und - wenn vorhanden - unmittelbar unterhalb der durch die Stahlbetondecken laufenden Dehnungsfugen aufgetreten sind. Die Bildung dieser letzteren Risse ist ein Beweis dafür, daß Dehnungsfugen nur dann ihren Zweck erfüllen, wenn sie durch das gesamte Gebäude gehen, denn die Beobachtungen und die Ergebnisse der Rißbreitenmessung zeigen deutlich, daß die Dehnungsfugen in der Dachdecke eine Verminderung der Rißschäden nicht herbeigeführt haben.

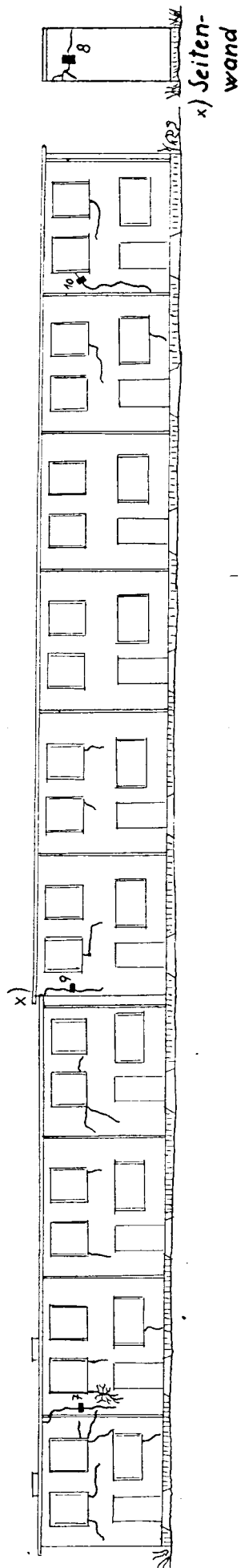
Die Längenänderungen der Dachdecken sind naturgemäß je nach der Jahreszeit bei den Messungen verschieden. Im Verlauf des Winters zieht sich der Stahlbeton zusammen und dehnt sich im Sommer aus. Wie die Messungen 0 und 12 Monate nach "Dämmschichteinbau", die beide im Oktober stattfanden, zeigen,



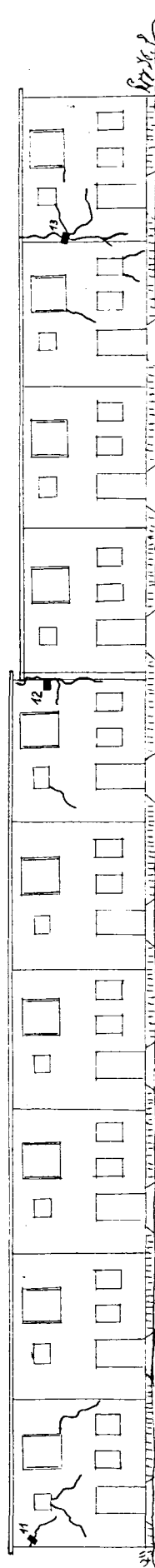
Gebäude E mit den Meßstellen 1-6
und den Rißbildern

Abb. 6

M. 1:250



Westseite

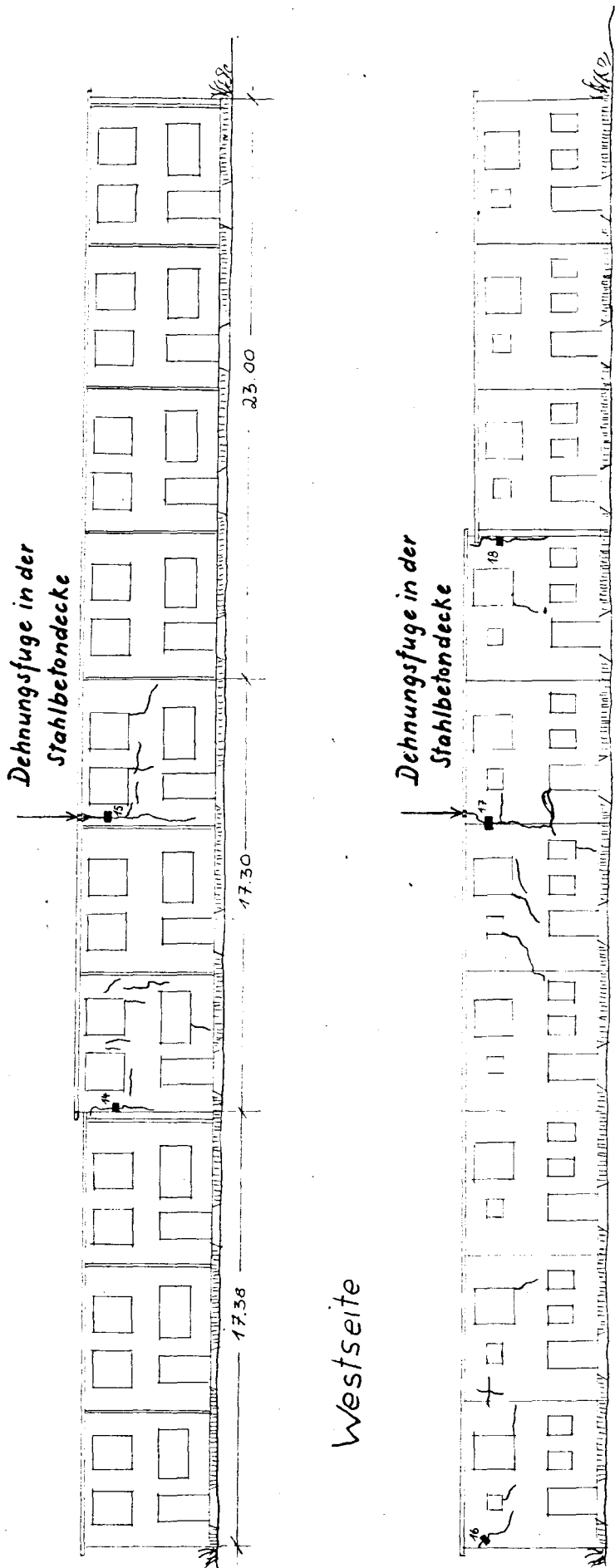


Ostseite

M. 1:250

Gebäude F mit den Meßstellen 7-13
und den Rißbildern

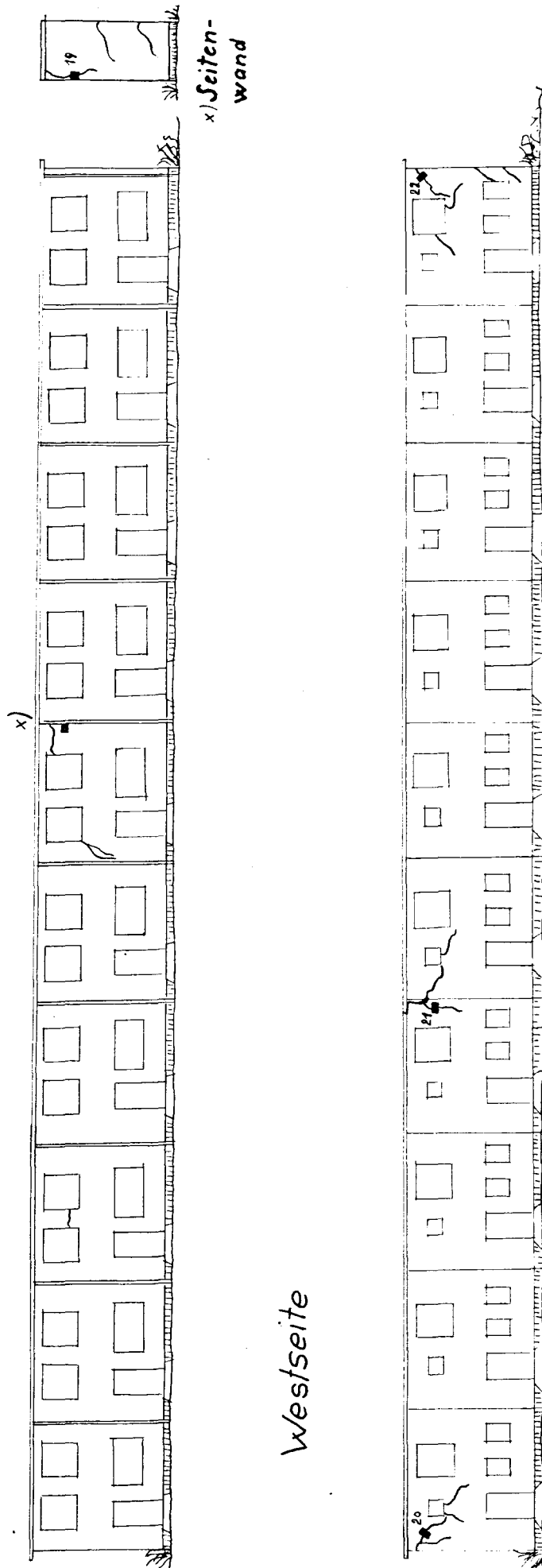
Abb. 7



Gebäude G mit den Meßstellen 14-18
und den Rißbildern

Abb. 8

M. 1:250



Gebäude H mit den Meßstellen 19-22
und den Rißbildern

Abb. 9

M. 1: 250

Zahlentafel 3

Längenänderungen der Stahlbeton-Flachdächer
der Gebäude E - H (s. Abb. 5)

Wärme- dämm- schicht	Gebäude und Wände	Mess- stellen Nr.	R i s s b r e i t e n in mm, festgestellt					
			0	6	12	18	30	36
			(Okt.)	(April)	(Okt.)	(April)	(April)	(Okt.)
Monate nach Dämmschicht - Einbau								
Kellergewölbe	E Westw.	1	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
		2	2,9	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
		3	2,4	0,1	0,6	0,3	0,3	0,5
	E Ostw.	4	1,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
		5	2,5	0,1	0,5	0,2	0,3	0,4
		6	2,1	0,1	0,4	0,3	0,2	0,3
	F Westw.	7	0,3	0,2	0,8	0,5	0,5	0,5
		8	2,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
		9	2,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
		10	1,0	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5
	F Ostw.	11	1,8	0,1	0,3	0,5	0,5	0,4
		12	3,4	0,1	1,1	0,4	0,5	0,6
		13	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Kellergewölbe	G Westw.	14	1,1	0,1	0,5	0,3	0,4	0,4
		15	3,8	0,1	0,9	0,4	0,2	0,6
	G Ostw.	16	2,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3
		17	2,2	0,1	1,1	0,7	0,5	0,8
		18	1,0	0,1	0,6	0,2	0,3	0,4
	H Westw.	19	2,8	0,1	0,8	0,2	0,1	0,6
	H Ostw.	20	1,1	0,1	0,5	0,2	0,2	0,4
		21	1,8	0,1	0,8	0,2	0,3	0,6
		22	0,5	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2

ging bei allen Gebäuden die Längenänderung der Dachdecken nach Aufbringen der Dämmschichten erheblich (um etwa 70 %) zurück. Auch die Meßergebnisse nach 18 und 30 Monaten (beide im April durchgeführt) stimmen gut überein. Verglichen mit der Null-Messung ergibt sich sogar eine Verringerung der Längenänderung um ca. 90 %. Die im Herbst gemessenen Längenänderungen (nach 12 und 36 Monaten) zeigen z.B. , daß Längenänderungen bis zu 0,5 mm nach wie vor aufgetreten und nur durch Anbringen von Dehnungsfugen ganz zu vermeiden sind.

4. Aufnahme der an den Entwicklungsbauten in Lübeck und Bremen aufgetretenen Schäden.

Da an den Außenwänden der Entwicklungsbauten in Lübeck und Bremen Rißbildungen ähnlicher Art wie in Hannover entstanden waren, wurde versucht, die Ursache dieser Schäden festzustellen und möglicherweise mit den Schäden in Hannover zu vergleichen.

4.1 ECA-Bauten in Lübeck

4.11 Allgemeines

Die Flachdächer der 12 an der Folke-Bernadotte-Straße in Lübeck gebauten 3-geschossigen Gebäude, deren Teilan-sichten aus den Abbildungen 10 und 11 zu ersehen sind, waren einheitlich ausgebildet. Die Gebäude sind etwa 30 m lang und weisen keine Dehnungsfugen auf. Die unterseitig mit Kalkmörtel verputzten Rohdecken waren 12 cm dicke Stahlbetonplatten aus Ziegelsplittbeton. Die Oberseiten der Decken hatten einen doppelten Asphaltanstrich erhalten, auf dem 10 cm dicke bewehrte Platten aus dampfgehärtetem Porenbeton, 2,5 cm dicker Zementestrich und 2 Lagen bituminierte Dachpappe aufgebracht waren. (s. Abb. 12)

Die Gasbetonplatten kragten an den Außenseiten der Gebäude um 60 cm aus. An den Ecken dieser Gebäude war statt der Gasbetonplatten eine Schwerbetonschicht - im folgenden als " Stahlbetonzwickel " bezeichnet - in einer Fläche

von 2 x 2 m eingebaut, die fest mit der Massivdecke verbunden war. Die Eckausbildung der überkragenden Dachplatte geht aus Abb. 13 hervor.

4.12 Aufnahme der vorhandenen Risse

Sämtliche Außenwände der ECA-Bauten zeigten Risse unterhalb der bewehrten Dachplatten in mehr oder weniger großem Umfange. Da die Rißbilder der einzelnen Gebäude sich sehr glichen, wurden nur die Risse an der West- und Südwand des aus Abb. 14 ersichtlichen Gebäudes Folke-Bernadotte-Straße 18/20/22 aufgenommen. Dieses Haus ist im Lageplan der Abb. 10 durch besondere Schraffierung gekennzeichnet. Die vorhandenen Risse wurden zunächst aufgenommen und im Verlauf eines Jahres untersucht, ob Veränderungen auftraten. In der Höhe des 2. Obergeschosses wurden unter anderem : die Westwand in 7 Teilabschnitten (A - G) sowie die Südwand (H) fotografiert, und ein Jahr später die Risse vom gleichen Standort wiederum aufgenommen.

In den Abbildungen 15 - 22 sind die einzelnen Abschnitte A bis H mit jeweils 2 im Abstand von einem Jahr gemachten Aufnahmen wiedergegeben.

4.13 Beschreibung und Beurteilung der Schäden

Wie die Abbildungen 15 bis 22 deutlich zeigen, haben die 10 cm dicken Dämmplatten aus dampfgehärtetem Porenbeton ein Ausdehnen der Dachdecke nicht verhindern können. Durch den relativ hohen Feuchtigkeitsgehalt, den die Gasbetonplatten bei ihrem Einbau aufwiesen,- sie waren nach Aussage der Baufirma lange Zeit den Witterungsunbilden ausgesetzt - wurde das Wärmedämmvermögen der Platten erheblich herabgesetzt. Hinzukommt, daß nach Verlegen der Dämmschichten die Feuchtigkeit praktisch nicht entweichen konnte, da unter den Platten ein doppelter Asphaltanstrich, über diesem zwei Lagen Bitumenpappe als Sperrschicht wirkten. Hierauf sind die in den Abbildungen ersichtlichen waagerechten Risse in der Außenwand zurückzuführen. Die unmittelbar zwischen der

Abb. 10: Lageplan der ECA-Bauten in Lübeck
(Skizze)

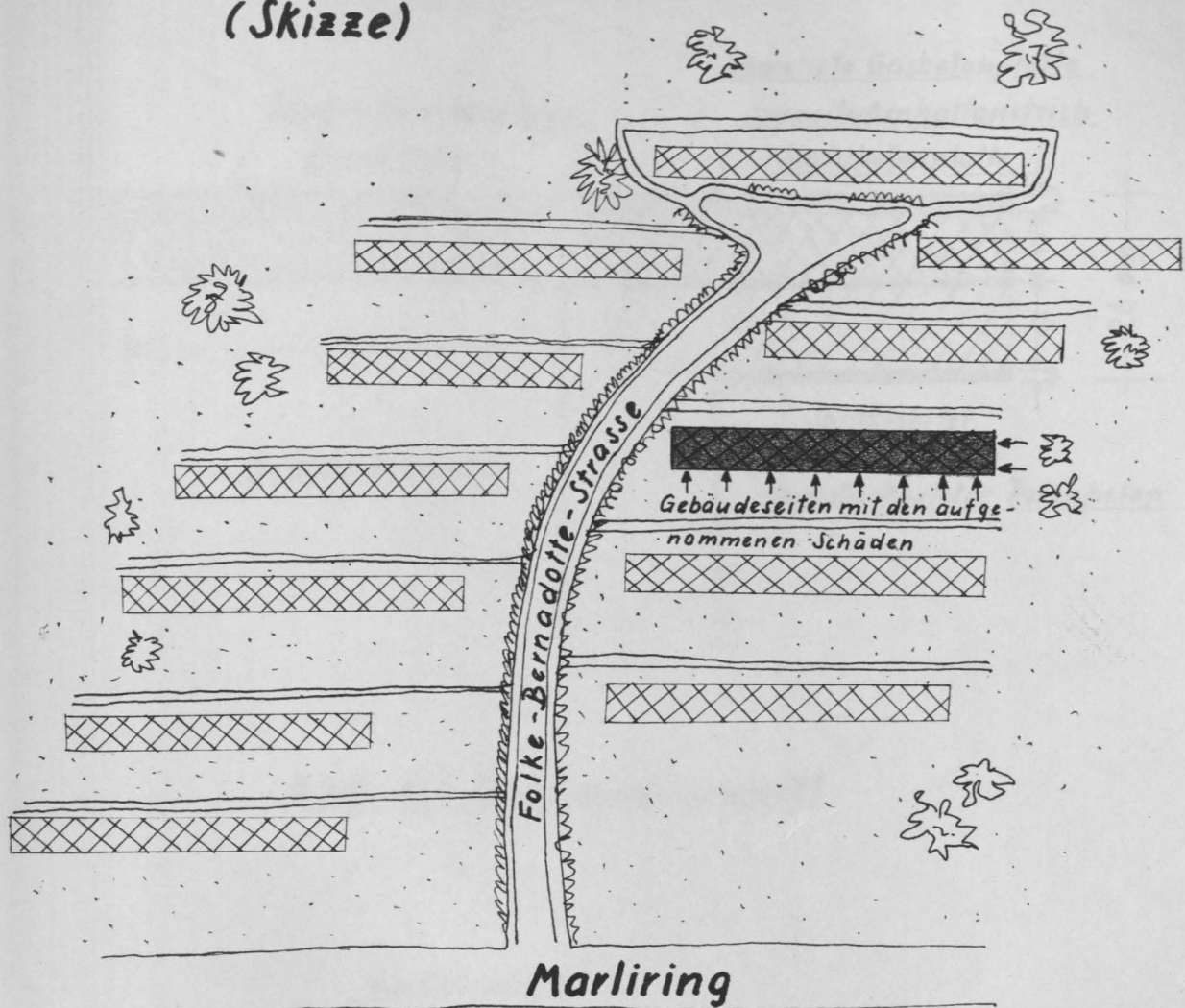


Abb. 11: Blick in die Siedlung vom
Marliring aus

Abb. 10 u. 11

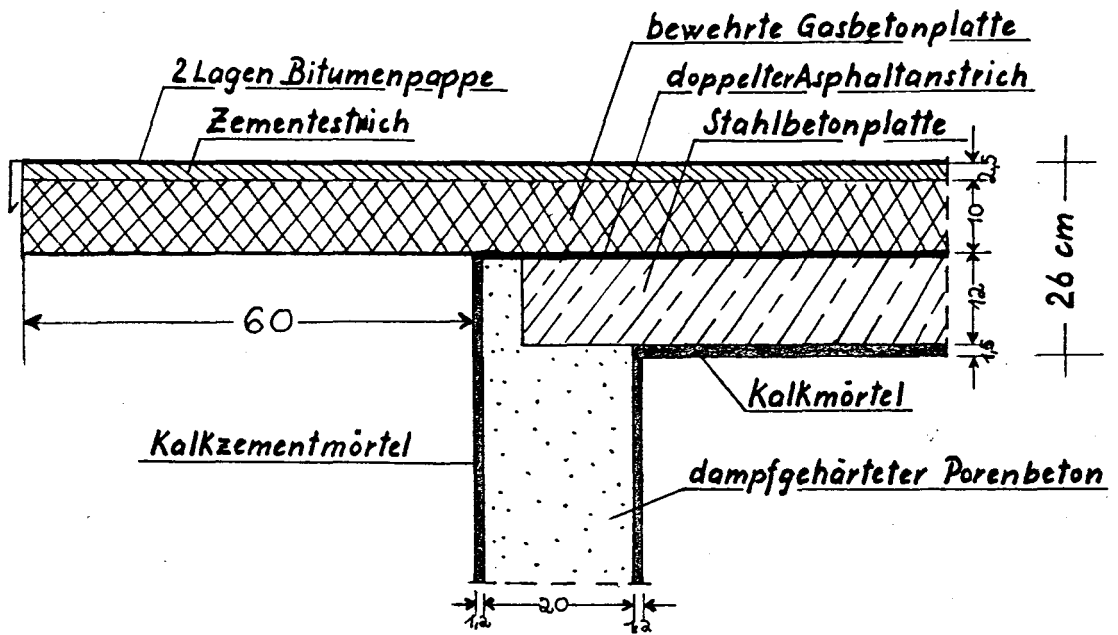


Abb. 12: Dachquerschnitt

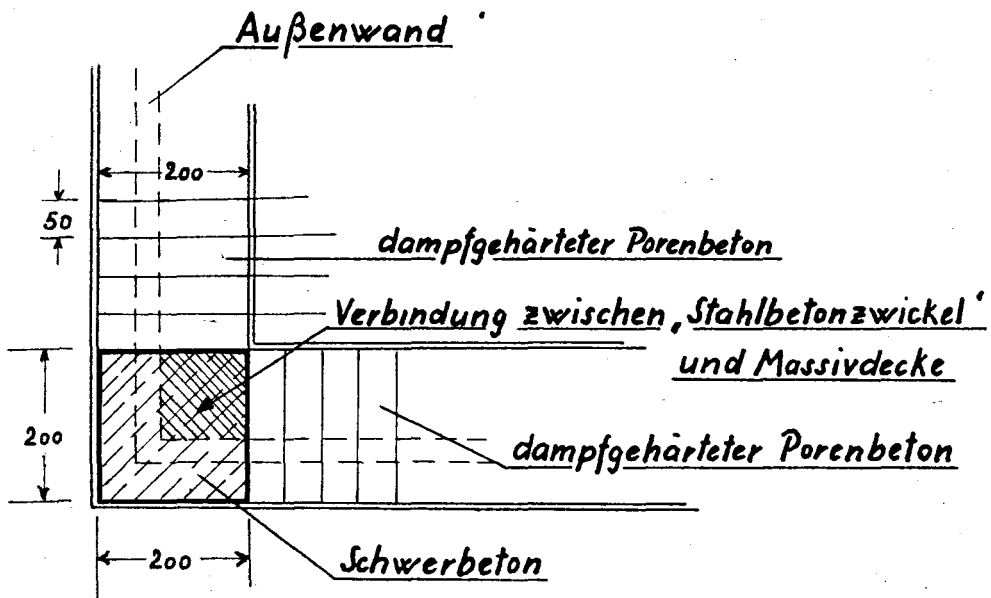
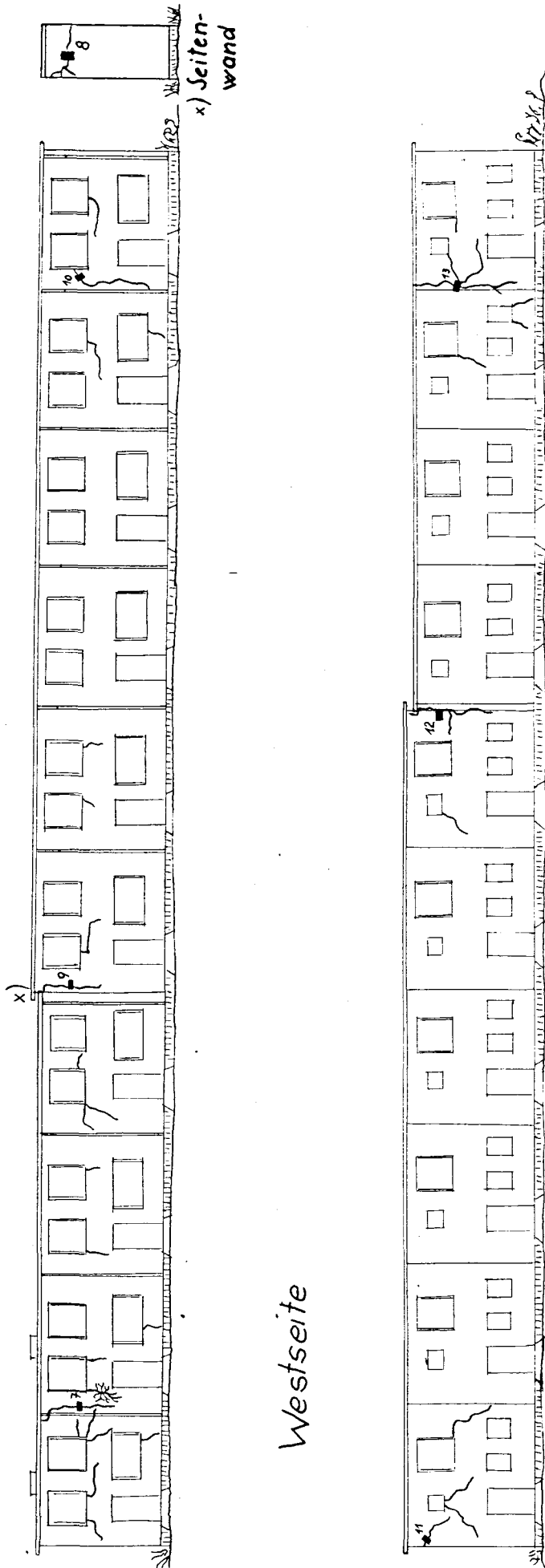


Abb. 13. Eckausbildung der überkragenden Dachplatte



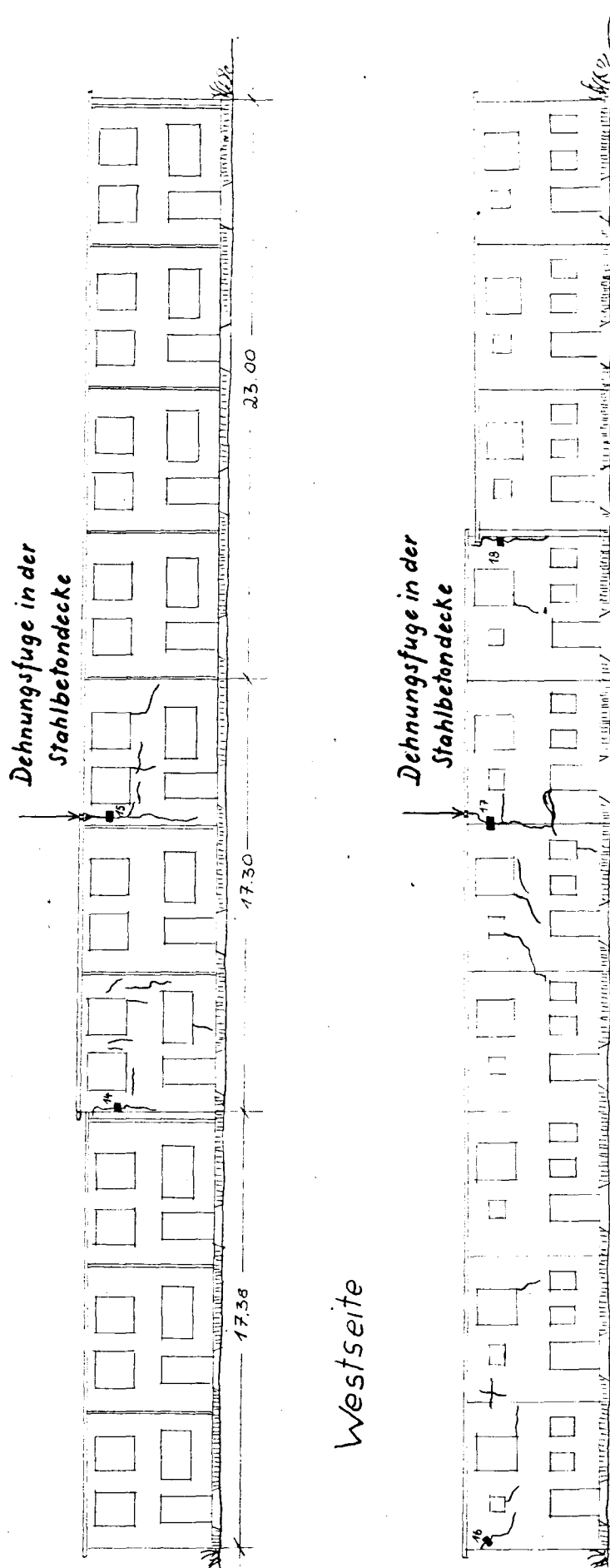
Westseite

Ostseite

M. 1:250

Gebäude F mit den Meßstellen 7-13
und den Rißbildern

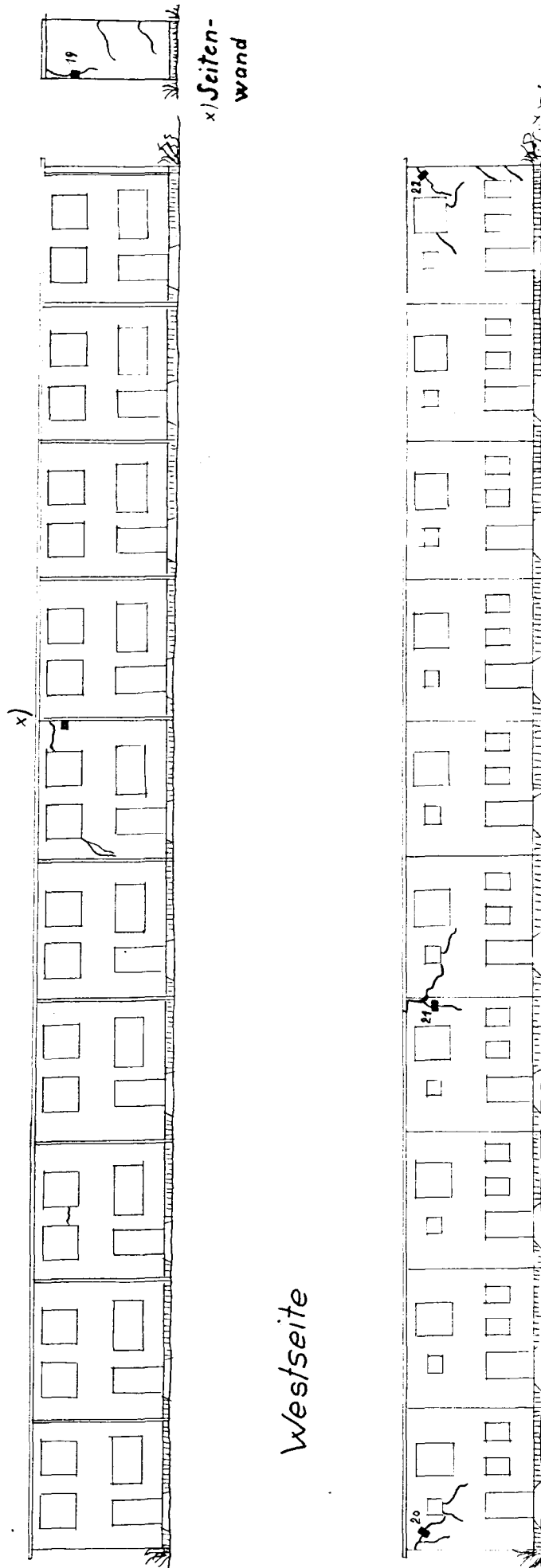
Abb. 7



Gebäude G mit den Meßstellen 14-18
und den Rißbildern

Abb. 8

M. 1:250



Gebäude H mit den Meßstellen 19-22
und den Rißbildern

Abb. 9

M. 1:250

Zahlentafel 3

Längenänderungen der Stahlbeton-Flachdächer
der Gebäude E - H (s. Abb. 5)

Wärme- dämm- schicht	Gebäude und Wände	Mess- stellen Nr.	R i s s b r e i t e n in mm, festgestellt					
			0	6	12	18	30	36
			(Okt.)	(April)	(Okt.)	(April)	(April)	(Okt.)
Monate nach Dämmschicht - Einbau								
Korkplatten	E Westw.	1	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
		2	2,9	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
		3	2,4	0,1	0,6	0,3	0,3	0,5
	E Ostw.	4	1,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
		5	2,5	0,1	0,5	0,2	0,3	0,4
		6	2,1	0,1	0,4	0,3	0,2	0,3
	F Westw.	7	0,3	0,2	0,8	0,5	0,5	0,5
		8	2,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
		9	2,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
		10	1,0	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5
	F Ostw.	11	1,8	0,1	0,3	0,5	0,5	0,4
		12	3,4	0,1	1,1	0,4	0,5	0,6
		13	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Torriplatten	G Westw.	14	1,1	0,1	0,5	0,3	0,4	0,4
		15	3,8	0,1	0,9	0,4	0,2	0,6
	G Ostw.	16	2,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3
		17	2,2	0,1	1,1	0,7	0,5	0,8
		18	1,0	0,1	0,6	0,2	0,3	0,4
	H Westw.	19	2,8	0,1	0,8	0,2	0,1	0,6
		20	1,1	0,1	0,5	0,2	0,2	0,4
	H Ostw.	21	1,8	0,1	0,8	0,2	0,3	0,6
		22	0,5	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2

ging bei allen Gebäuden die Längenänderung der Dächdecken nach Aufbringen der Dämmschichten erheblich (um etwa 70 %) zurück. Auch die Meßergebnisse nach 18 und 30 Monaten (beide im April durchgeführt) stimmen gut überein. Verglichen mit der Null-Messung ergibt sich sogar eine Verringerung der Längenänderung um ca. 90 %. Die im Herbst gemessenen Längenänderungen (nach 12 und 36 Monaten) zeigen z.B. , daß Längenänderungen bis zu 0,5 mm nach wie vor aufgetreten und nur durch Anbringen von Dehnungsfugen ganz zu vermeiden sind.

4. Aufnahme der an den Entwicklungsbauten in Lübeck und Bremen aufgetretenen Schäden.

Da an den Außenwänden der Entwicklungsbauten in Lübeck und Bremen Rißbildungen ähnlicher Art wie in Hannover entstanden waren, wurde versucht, die Ursache dieser Schäden festzustellen und möglicherweise mit den Schäden in Hannover zu vergleichen.

4.1 ECA-Bauten in Lübeck

4.11 Allgemeines

Die Flachdächer der 12 an der Folke-Bernadotte-Straße in Lübeck gebauten 3-geschossigen Gebäude, deren Teilansichten aus den Abbildungen 10 und 11 zu ersehen sind, waren einheitlich ausgebildet. Die Gebäude sind etwa 30 m lang und weisen keine Dehnungsfugen auf. Die unterseitig mit Kalkmörtel verputzten Rohdecken waren 12 cm dicke Stahlbetonplatten aus Ziegelsplittbeton. Die Oberseiten der Decken hatten einen doppelten Asphaltanstrich erhalten, auf dem 10 cm dicke bewehrte Platten aus dampfgehärtetem Porenbeton, 2,5 cm dicker Zementestrich und 2 Lagen bituminierte Dachpappe aufgebracht waren. (s. Abb. 12)

Die Gasbetonplatten kragten an den Außenseiten der Gebäude um 60 cm aus. An den Ecken dieser Gebäude war statt der Gasbetonplatten eine Schwerbetonschicht - im folgenden als " Stahlbetonzwickel " bezeichnet - in einer Fläche

von 2 x 2 m eingebaut, die fest mit der Massivdecke verbunden war. Die Eckausbildung der überkragenden Dachplatte geht aus Abb. 13 hervor.

4.12 Aufnahme der vorhandenen Risse

Sämtliche Außenwände der ECA-Bauten zeigten Risse unterhalb der bewehrten Dachplatten in mehr oder weniger großem Umfange. Da die Rißbilder der einzelnen Gebäude sich sehr glichen, wurden nur die Risse an der West- und Südwand des aus Abb. 14 ersichtlichen Gebäudes Folke-Bernadotte-Straße 18/20/22 aufgenommen. Dieses Haus ist im Lageplan der Abb. 10 durch besondere Schraffierung gekennzeichnet. Die vorhandenen Risse wurden zunächst aufgenommen und im Verlauf eines Jahres untersucht, ob Veränderungen auftraten. In der Höhe des 2. Obergeschosses wurden unter anderem die Westwand in 7 Teilabschnitten (A - G) sowie die Südwand (H) fotografiert, und ein Jahr später die Risse vom gleichen Standort wiederum aufgenommen.

In den Abbildungen 15 - 22 sind die einzelnen Abschnitte A bis H mit jeweils 2 im Abstand von einem Jahr gemachten Aufnahmen wiedergegeben.

4.13 Beschreibung und Beurteilung der Schäden

Wie die Abbildungen 15 bis 22 deutlich zeigen, haben die 10 cm dicken Dämmplatten aus dampfgehärtetem Porenbeton ein Ausdehnen der Dachdecke nicht verhindern können. Durch den relativ hohen Feuchtigkeitsgehalt, den die Gasbetonplatten bei ihrem Einbau aufwiesen, - sie waren nach Aussage der Baufirma lange Zeit den Witterungsunbilden ausgesetzt - wurde das Wärmedämmvermögen der Platten erheblich herabgesetzt. Hinzukommt, daß nach Verlegen der Dämmschichten die Feuchtigkeit praktisch nicht entweichen konnte, da unter den Platten ein doppelter Asphaltanstrich, über diesem zwei Lagen Bitumenpappe als Sperrschicht wirkten. Hierauf sind die in den Abbildungen ersichtlichen waagerechten Risse in der Außenwand zurückzuführen. Die unmittelbar zwischen der

Abb. 10: Lageplan der ECA-Bauten in Lübeck
(Skizze)

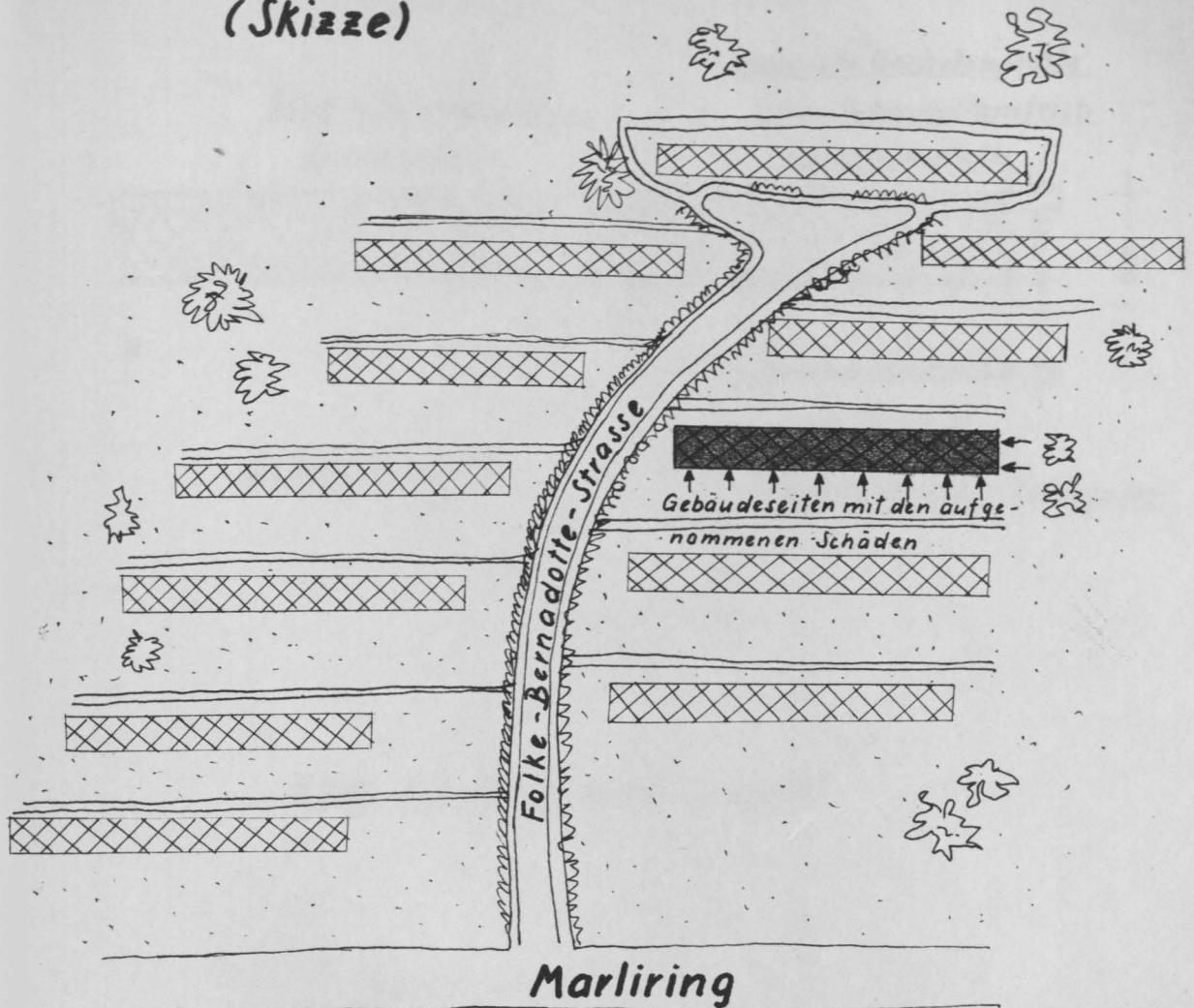


Abb. 11: Blick in die Siedlung vom
Marliring aus

Abb. 10 u. 11

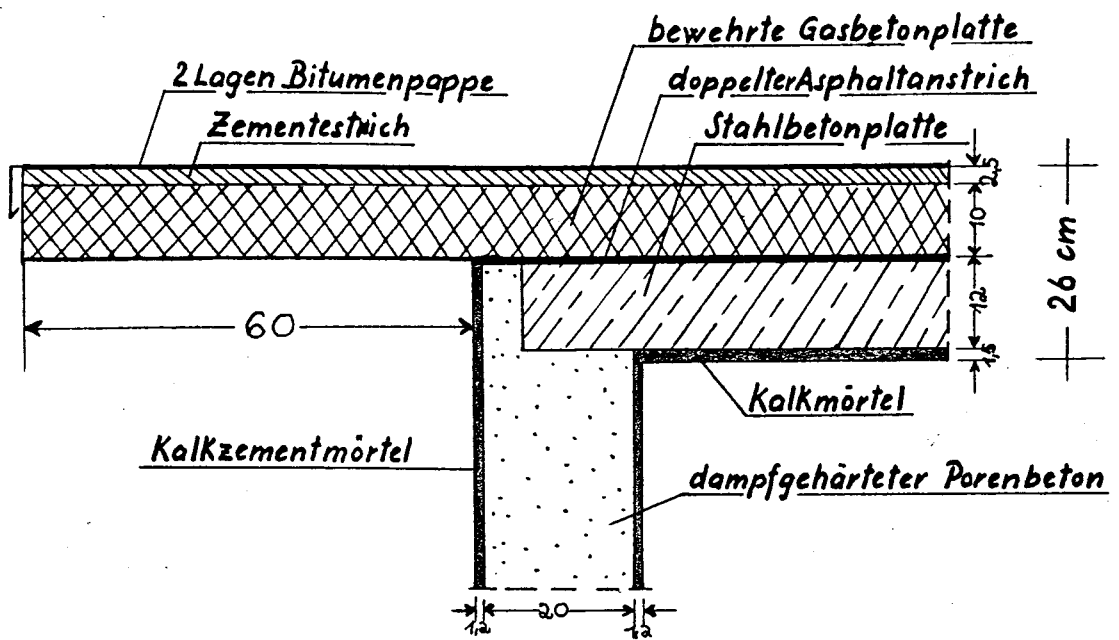


Abb. 12: Dachquerschnitt

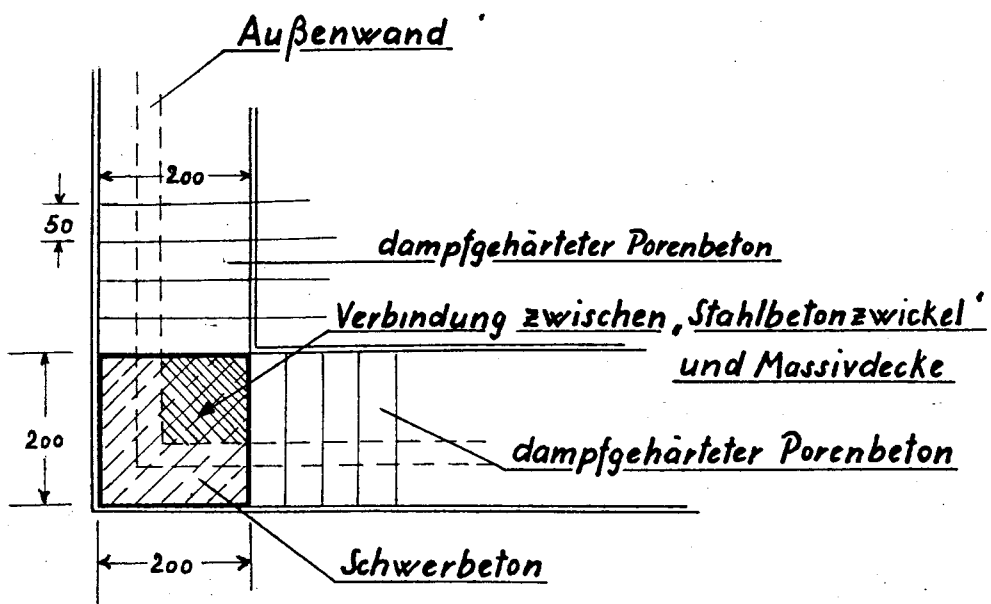


Abb. 13. Eckausbildung der überkragenden Dachplatte

der Außenwand und den Dämmschichten aufgetretenen waagerechten Risse sind wahrscheinlich durch das Schwinden der Gasbetonplatten verursacht worden. Während die auf der Dachdecke liegenden Teile nicht austrocknen konnten, wurde den überkragenden Teilen der Gasbetonplatte die Feuchtigkeit entzogen. Infolgedessen sind an den Gebäudeecken, wo sich die Stahlbetonzwickel befinden, auf einer Länge von 2 m (jeweils von Gebäudeecke aus gerechnet) keine Schäden entstanden.

Die senkrecht verlaufenden Risse sind nur deshalb entstanden, weil bei den 28 - 32 m langen Gebäuden keine Dehnungsfugen angebracht worden waren. Es haben sich daher "natürliche" Dehnungsfugen gebildet, die sich im Laufe der Untersuchungszeit vergrößerten (s.z.B. Abb. 17). Die in Lübeck an den ECA-Bauten gemachten Beobachtungen ergaben folgendes:

- a) Durchgehende Dehnungsfugen sind bei Gebäudelängen von 28 und 32 m unbedingt anzuordnen.
- b) Wärmedämmschichten sind unbedingt trocken einzubauen, da der Wärmeschutz nasser Dämmschichten erheblich geringer als der trocken eingebauter ist.
- c) Eine übermäßige Auskragung der Dämmplatten (im vorliegenden Falle 60 cm) ist unzweckmäßig, da das unterschiedliche Schwindmaß in den Platten zu Rissen zwischen Auflager- und Dämmplatten führt.



Abbildung 14

Aufnahme der Schäden an dem Gebäude
"Folke-Bernadotte-Straße 18/20/22" in
Lübeck.



Oktober 1953



Oktober 1954

Abbildung 15

Teilaufnahme A zu Abbildung 14



Oktober 1953



Oktober 1954

Abbildung 16

Teilaufnahme B zu Abbildung 14



Oktober 1953



Oktober 1954

Abbildung 17
Teilaufnahme C zu Abbildung 14



Oktober 1953



Oktober 1954

Abbildung 18

Teilaufnahme D zu Abbildung 14



Oktober 1953



Oktober 1954

Abbildung 19

Teilaufnahme E zu Abbildung 14



Oktober 1953



Oktober 1954

Abbildung 20

Teilaufnahme F zu Abbildung 14



Oktober 1953



Oktober 1954

Abbildung 21

Teilaufnahme G zu Abbildung 14



Oktober 1953



Oktober 1954

Abbildung 22

Teilaufnahmen H zu Abbildung 14

4.2 ECA-Bauten in Bremen

4.21 Allgemeines

Die Flachdächer der 18 dreigeschossigen Einfamilien-Reihenhäuser sowie der 3 viergeschossigen Laubenganghäuser der ECA-Siedlung in Bremen-West (s. Abb. 24) sind einheitlich ausgebildet. Die Länge der Gebäude beträgt ca. 30 - 40 m . Dämmschichten sind auf den Flachdächern nicht angeordnet, Dehnungsfugen, die durch das gesamte Gebäude hindurchgehen, sind teilweise vorhanden. Die Rohdecken sind Stahlbetonrippendecken aus Ziegelsplittbeton, unterseitig sind Steinwollematten an 2,5 cm dicken Latten befestigt. Unter den Matten sind Rohrgewebe als Träger für 1,5 cm dicken Kalkmörtelputz angebracht. Die Dachhaut besteht aus 2 Lagen Bitumenpappe. (vergl. Abb. 23)

4.22 Aufnahme der vorhandenen Risse

Sämtliche Außenwände wiesen neben umfangreichen Putz- und Feuchtigkeitsschäden Rißbildungen unter der um 40 cm auskragenden Stahlbetonrippendecke auf. In dem Luftbild (Abb. 25) sind 3 Gebäude näher bezeichnet, bei denen die Außenwandschäden aufgenommen sind. Die Besichtigung wurde ein Jahr nach der ersten Messung wiederholt. Unter anderem wurden drei charakteristische Schäden an den Außenwänden in den Abb. 26 bis 30 (Abschnitte 1 bis 5 im Luftbild) festgehalten.

4.23 Beschreibung und Beurteilung der Schäden

Durch das Fehlen der Wärmedämmschichten oberhalb der Stahlbetonrippendecken ist der Beton erheblichen Temperaturschwankungen unterworfen. Das dadurch eingetretene Verschieben hatte erhebliche Rißbildungen an den Außenwänden unterhalb der Dachdecken zur Folge. Der z.B. am Gebäude " Luther-Str. 67 - 91" Abschn. 67/69 unter 45° entstandene deutlich erkennbare Schubriß hat sich im Laufe des Jahres (s. Abb. 26) erheblich erweitert.

Abb. 23 Dachquerschnitt

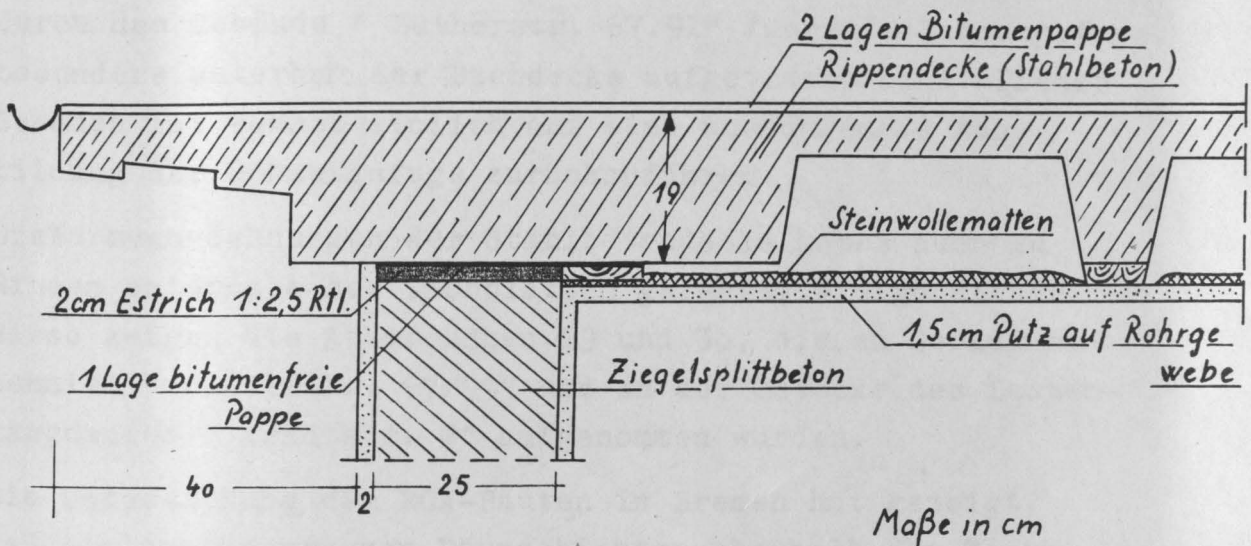


Abb. 24 Blick in die ECA - Siedlung



Abb. 23 u. 24

Ähnliche Schäden wurden an der Außenwand des gleichen Gebäudes Abschn. 89/91 festgestellt, an der gleichzeitig ausgedehnte Feuchtigkeits- und Putzschäden (s.Abb. 27) aufgetreten sind.

Die Abb. 28 zeigt Risse, die unmittelbar an der etwa mitten durch das Gebäude " Lutherstr. 67.91" führende Dehnungsfuge, besonders unterhalb der Dachdecke aufgetreten sind. Dieser Schaden ist wahrscheinlich auf eine unsachgemäße Ausbildung der Dehnungsfuge zurückzuführen.

Die Wärmeausdehnungen der Stahlbetondecke haben auch zu Rissen unterhalb der Dachplatten geführt. Einige dieser Risse zeigen die Abbildungen 29 und 30, die am Gebäudeabschnitt " Calvinstr. 97/99" und an der Ostecke des Laubenganghauses " Arndtstr. 2" aufgenommen wurden.

Die Untersuchung der ECA-Bauten in Bremen hat gezeigt, daß die Anbringung von Dämmschichten oberhalb der Flachdächer aus Stahlbeton unbedingt erforderlich ist, und daß selbst durchgehende Dehnungsfugen allein die durch die Temperaturschwankungen auftretenden Dehnungsspannungen des Stahlbetons nicht aufnehmen können.

Abbildung 25

Lageplan-Luftbild, ECA-Bauten in Bremen - West





Oktober 1953



Oktober 1954

Abbildung 26

Schäden am Gebäude-Abschnitt "Lutherstraße 67/69"
(vergl. Lageplan - Luftbild ①)



Abbildung 27

Schäden am Gebäude-Abschnitt
"Lutherstr. 89/91"
(vergl. Lageplan-Luftbild ②)



Abbildung 28

Schäden am Gebäudeab-
schnitt "Lutherstraße
7/79" (vergl. Lage-
plan-Luftbild ③)



Abbildung 29

Schäden am Gebäudeab-
schnitt "Calvinstr.
97/99" (vergl. Lage-
plan-Luftbild ④)



Abbildung 30

Schäden am Laubengang-
haus "Arndtstr. 2"
(vergl. Lageplan-
luftbild ⑤)

Aufnahmen: Oktober 1953

5. Zusammenfassung

Die in dem Bericht zusammengestellten Untersuchungsergebnisse wurden in der Zeit von Oktober 1953 bis Oktober 1956 durch Messungen an den ECA-Bauten in Hannover gewonnen und von Oktober 1953 bis Oktober 1954 die an den Außenwänden unterhalb der Flachdächer aufgetretenen Schäden der Entwicklungsbauten in Lübeck und Bremen aufgenommen.

Von den eingebauten Wärmedämmmaterialien weisen die Korkplatten den geringsten Feuchtigkeitsgehalt auf, die Torf- und Holzwolleleichtbauplatten folgen in geringem Abstand. Den höchsten Wassergehalt weisen die unbelüfteten Gasbetonplatten auf. Die Belüftung dieser Dämmplatten erwies sich als sehr günstig. Die nach Cammerer (3) für die Wärmeleitfähigkeit in trockenem Zustand und der Erhöhung dieser durch den jeweiligen Feuchtigkeitsgehalt errechneten Wärmedurchlaßwiderstände zeigen, daß die verwendeten organischen Dämmstoffe die Anforderungen an den Wärmeschutz von Flachdächern gut erfüllen. Der Wärmeschutz der belüfteten und unbelüfteten Gasbetonplatten dagegen ist nach Halasz (4) unzureichend, da der Wärmedurchlaßwiderstand unter $0,5 \text{ m}^2 \text{h}^0 / \text{kcal}$ liegt.

Die Anordnung einer Dampfsperre trägt nach den festgestellten Ergebnissen zu einer Verbesserung des Wärmeschutzes der Dämmschichten nicht bei. Die Untersuchungen zeigen sogar deutlich, daß bei normal bewohnten Räumen auf die Anbringung einer solchen "Sperrschicht" verzichtet werden kann, da die Austrocknung der Dämmschichten durch diese Dampfsperre behindert wird.

Die Messung der Längenänderungen der Dachdecken in Hannover zeigen, daß die nachträgliche Aufbringung von Wärmedämmschichten auf die Stahlbetonflachdächer eine erhebliche Herabminderung der Bewegungen der Dachdecke mit sich gebracht hat. Eine vollständige Beseitigung dieser Längenänderung war wegen fehlender durchgehender Dehnungsfugen

nicht möglich.

Die Untersuchungen in Bremen und Lübeck zeigen, daß zur Vermeidung von Schäden infolge der Längenänderung der Stahlbetondächer sowohl Dämmschichten als auch Dehnungsfugen angeordnet werden müssen. Eine Maßnahme allein genügt nicht.

Da, wie festgestellt wurde, in Bremen und Lübeck ganz andere Verhältnisse vorlagen, konnte ein direkter Vergleich der dortigen Schäden mit denen in Hannover nicht angestellt werden.

6. Schlußfolgerung

Bei der Ausbildung von Flachdächern aus Stahlbeton sind, wie die Versuchsergebnisse zeigen, folgende Punkte zu beachten:

- a) Bei Gebäuden von über 15 - 20 m Länge ist die Anbringung von durchgehenden Dehnungsfugen unbedingt erforderlich.
- b) Außer diesen Dehnungsfugen ist die Aufbringung einer Dämmschicht unbedingt nötig. Die Forderung von Halasz(4), daß der Wärmedurchlaßwiderstand der Dämmschicht mindestens $0,50 \text{ m}^2 \text{ h}^0 / \text{kcal}$ aufweisen muß, müßte unbedingt in DIN 4108 aufgenommen werden. Die Empfehlung der DIN 4108, § 7,32, daß Wärmedämmschichten angeordnet werden sollen, müßte in eine Forderung abgeändert werden.
- c) Dämmschichten sind stets trocken einzubauen.
- d) Dampfsperren sollten nur über Räumen mit hohen relativen Luftfeuchtigkeiten eingebaut werden.

Literaturverzeichnis

- (1) DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau"
Ausgabe Juli 1952
- (2) DIN 4164 " Gas- und Schaumbeton ", Herstellung
Verwendung und Prüfung, Richtlinien
Ausgabe Oktober 1951
- (3) Cammerer : " Stand der internationalen Forschung
auf dem Gebiet des Baulichen Wärmeschutzes "
Bauwirtschaft 1949, S. 178.
- (4) Halasz: " Massive Flachdächer bei Wohnungsbauten ".
s.u.a. Bau und Bauindustrie 1956 S. 684